ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Γεωμορφολογική - Μορφοτεκτονική μελέτη της Βόρειας Εύβοιας

Διδακτορική Διατριβή

Κανέλλα Βαλκάνου

Γεωλόγος, MSc, MBA



Αθήνα, 2021

Αυτή η σελίδα σκοπίμως αφέθηκε κενή

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Η Διδακτορική Διατριβή εξετάστηκε από την κάτωθι Επταμελή Επιτροπή:

Ευθύμιος Καρύμπαλης
(Επιβλέπων)
Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Δημήτρης Παπαναστασίου
(μέλος της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής)
Διευθυντής Ερευνών, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο
Αστεροσκοπείο Αθηνών

Χρίστος Χαλκιάς
(μέλος της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής)
Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Νίκη Ευελπίδου
Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ισαάκ Παρχαρίδης
Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Εμμανουήλ Βασιλάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Γεώργιος Μπαθρέλλος
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωλογίας
Πανεπιστήμιο Πατρών

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το τμήμα Γεωγραφίας της Σχολής Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και Εφαρμοσμένων Οικονομικών του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου δεν υποδηλώνει και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

Η Κανέλλα Βαλκάνου δηλώνω υπεύθυνα ότι:

1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα 087 αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Αυτή η σελίδα σκοπίμως αφέθηκε κενή

...
Οι άνθρωποι – σκέψου! –
θα μιλάνε με χρώματα
κι άλλοι με νότες...

...
...τόσα έζησα, τόσα έμαθα, τόσα λέω
κι απ' όσα διάβασα ένα κράτησα καλά:
«Σημασία έχει να παραμένεις άνθρωπος».

Κατερίνα Γώγου
Ιδιώνυμο, 1981, No.32

Αυτή η σελίδα σκοπίμως αφέθηκε κενή

Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η Γεωμορφολογική - Μορφοτεκτονική μελέτη της Βόρειας Εύβοιας, μου ανατέθηκε ως θέμα διδακτορικής διατριβής από το τμήμα Γεωγραφίας της σχολής Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και Εφαρμοσμένων Οικονομικών του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου και υλοποιήθηκε ταυτόχρονα με πολλά διαφορετικά, σημαντικά, ευχάριστα γεγονότα της ζωής μου.

Αυτή η - όχι τυχαία και ούτε άσκοπα - μεγάλη σε διάρκεια περίοδος με γέμισε εμπειρίες οι οποίες συνέβαλλαν ουσιαστικά, μεταξύ άλλων, στην ενίσχυση της επιθυμίας μου για αναζήτηση γνώσης, αλλά και στη συναισθηματική μου ωρίμανση και εξέλιξη. Κατά τη διάρκεια αυτών των ετών, πολλοί άνθρωποι με στήριξαν έμπρακτα και νοιώθοντας μεγάλη ευγνωμοσύνη θα ήθελα κατ' ελάχιστον να τους εκφράσω τις θερμότατες ευχαριστίες μου.

Τον επιβλέποντά μου, Καθηγητή κο Ευθύμιο Καρύμπαλη, πραγματικά δεν ξέρω πώς να τον ευχαριστήσω. Ήταν για μένα μεγάλη τιμή που μου έδωσε την ευκαιρία να ξεκινήσω ένα τόσο όμορφο ταξίδι και που με καθοδηγούσε έχοντας πάντα καλή διάθεση, θετική στάση και υπομονή. Τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη, την ηθική βοήθεια, τις ευκαιρίες και τη φιλοξενία που εξαρχής μου εξασφάλισε στο πανεπιστήμιο. Τον ευχαριστώ επίσης για την ουσιαστική, επιστημονική βοήθεια στο διδακτορικό μου και στην έρευνα πεδίου καθώς και για τον ανεκτίμητο χρόνο που αφιέρωσε. Τέλος τον ευχαριστώ για τις αξέχαστες στιγμές γέλιου …. είναι λίγοι αυτοί που μπορούν διατηρούν την καλή τους διάθεση ενόσω εργάζονται σκληρά!

Τον κο Παπαναστασίου, Διευθυντή Ερευνών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, μέλος της τριμελούς επιτροπής, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την αμέριστη βοήθειά του και τη συνεπή ανταπόκρισή σε όλα τα στάδια αυτής της εργασίας. Τον εκτιμώ και τον σέβομαι βαθύτατα γιατί εκτός από πολύ σπουδαίος επιστήμονας, είναι και εξίσου σπουδαίος άνθρωπος, με χαρούμενη καρδιά και φωτεινές σκέψεις. Είναι αθόρυβος, μεταξωτός άνθρωπος και νοιώθω μεγάλη τύχη που τον γνώρισα, μεγάλη τιμή που συνεργαστήκαμε και μεγάλη ευγνωμοσύνη για όσα μου πρόσφερε. Η συμβολή του στην ολοκλήρωση της διατριβής αυτής ήταν καθοριστική.

Τον Καθηγητή κο Χρίστο Χαλκιά, μέλος της τριμελούς επιτροπής, τον ευχαριστώ από καρδιάς για το συνεχές ενδιαφέρον που από την αρχή επιδείκνυε για την πρόοδο της διατριβής μου. Η ενθάρρυνση και οι προτροπές του, σε κάθε ευκαιρία, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη συνέχιση της προσπάθειάς μου για την επίτευξη του στόχου.

Τον Καθηγητή κο Παρχαρίδη, μέλος της εξεταστικής επιτροπής, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για το χρόνο του και για τις παρατηρήσεις του, αλλά επιπλέον και για το ειλικρινές ενδιαφέρον και τη στήριξη σε περιόδους προβληματισμών στο πανεπιστήμιο.

Τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την Καθηγήτρια κα Ευελπίδου, τον Καθηγητή κο Βασιλάκη και τον Καθηγητή κο Μπαθρέλλο, θέλω να τους ευχαριστήσω για τις παρατηρήσεις τους και για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν στην αξιολόγηση της διατριβής μου. Τους θαυμάζω εξίσου για το μεγάλο τους ερευνητικό έργο και ως καθηγητές.

Την Καθηγήτρια κα Καλλιόπη Γάκη-Παπαναστασίου την ευχαριστώ για την τιμή μου έκανε να συνεργαστώ μαζί της, για την συνολική βοήθεια και το χρόνο που αφιέρωσε στην έρευνα πεδίου, στις παρουσιάσεις προόδου μου και στις εργασίες που κάναμε μαζί. Η θετική της στάση και η πάντα άμεση ανταπόκρισή της ενθάρρυναν την προσπάθειά μου.

Τον Καθηγητή κο Παπαδόπουλο θέλω να τον ευχαριστήσω για την ευαισθησία που έδειξε να ακούσει με υπομονή τους μη επιστημονικούς μου προβληματισμούς όταν χρειάστηκε – αναγνωρίζω πως αυτό δεν ήταν εύκολο από τη θέση του. Η παρουσία του και η θετική αύρα που φέρνει στο πανεπιστήμιο είναι ανεκτίμητες.

Ευχαριστώ πολύ τους συναδέλφους στο Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) για την παροχή αδημοσίευτων πληροφοριών σχετικά με τη γεωλογία της περιοχής Στενή Δίρφυος.

Τον κο Arnaud Temme, Καθηγητή του Kansas State University, θέλω να τον ευχαριστήσω για το πραγματικό του ενδιαφέρον στην επίλυση ορισμένων προβλημάτων στους υπολογισμούς του συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας. Η επικοινωνία μας, η άμεση ανταπόκριση και η αποστολή αδημοσίευτων εκδόσεων της εφαρμογής T-vector προκειμένου να ολοκληρώσω τους υπολογισμούς μου ήταν ενέργειες που δεν είχα φανταστεί πως θα κάνει.

Την κα Heidi Daxberger, Καθηγήτρια του University of Toronto Scarborough,θέλω να την ευχαριστήσω για την αποστολή υλικού για την εφαρμογή του εργαλείου valley morph tool.

Ευχαριστώ το προσωπικό της βιβλιοθήκης του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου για την άμεση ανταπόκριση στην εύρεση άρθρων, για τη φιλοξενία στο αναγνωστήριο και για τις υψηλού επιπέδου υπηρεσίες που παρέχουν.

Επίσης ευχαριστώ το προσωπικό της γραμματείας προπτυχιακών και μεταπτυχιακών σπουδών του τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου.

Ευχαριστώ πολύ το Χρήστο Κούκουζα (Total PC Solutions στο Βασιλικό) για το ειλικρινές ενδιαφέρον του, τις προσπάθειες, και φυσικά για το αίσιο τέλος, κάθε φορά που έντρομη εισέβαλα στο κατάστημά του για αντιμετώπιση των διαφόρων τεχνικών προβλημάτων που παρουσιάζονταν στον υπολογιστή στον οποίο δούλευα όλα αυτά τα χρόνια.

Τη Δρ. Αντιγόνη Φάκα και τον Αργύρη Ξυνό, τους αγαπημένους φίλους που γνώρισα στο πανεπιστήμιο και γρήγορα έγιναν οικογένειά μου, τους ευχαριστώ για την προθυμία να αφουγκραστούν τις ανησυχίες μου και γιατί βοήθησαν στην επίτευξη του στόχου μου με το δικό τους τρόπο, με ψυχολογική συμπαράσταση και μέσω επιστημονικών συζητήσεων. Οι ημέρες της ζωής μας με τόσο καλούς φίλους γίνονται σίγουρα ομορφότερες!

Τους εκλεκτούς ανθρώπους με τους οποίους μοιράστηκα σκέψεις και όνειρα, αυτούς που έκαναν το χρόνο μου αξέχαστο διατηρώντας το φιλικό κλίμα στο όμορφο γραφείο που μας χώρεσε όλους και θα χωρούσε άλλους τόσους (τέτοιους όμως), τους έχω στο μυαλό και στην καρδιά μου! Ευχαριστώ το Σταύρο Ρούμελη, το Χρήστο Πολυκρέτη, τον Παναγιώτη Ανδρεόπουλο, το Σωτήρη Καραλή, το Γιώργο Μπενέκο, το Μένιο Καλογερόπουλο, τη Γεωργία Αλεξανδρή, το Falah Fakhri και όλους τους φοιτητές που πέρασαν από το γραφείο μας και άφησαν πίσω τους τη νεανική αύρα, τόνους κουράγιο και το χαμόγελο στα πρόσωπά μας. Τόση ομορφιά μαζεμένη σε ένα «υπόγειο αδιέξοδο» !

Την αδερφή μου Έλενα και το Γιάννη τους ευχαριστώ από καρδιάς για την ουσιαστική ενθάρρυνση και το ενδιαφέρον.

Την Κατερίνα Ελευθερίου και τη Μυρτώ τις ευχαριστώ για τις ζεστές, αυθόρμητες, ανεκτίμητης αξίας αγκαλιές τους! Η ώθηση που σου δίνουν μπορεί να σε φτάσει μέχρι τη Σελήνη!

Στους γονείς μου θέλω να εκφράσω τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη για τη βοήθεια και την αμέριστη συμπαράσταση που μου παρείχαν σε κάθε φάση της ζωής μου. Θέλω να τους εκφράσω εξίσου την αγάπη μου, να μνημονεύσω την τεράστια δύναμή τους η οποία αποτελεί πηγή έμπνευσης και να τους ευχαριστήσω που δε σταμάτησαν ποτέ να πρεσβεύουν και να μεταλαμπαδεύουν αξίες όπως η τιμιότητα, η δικαιοσύνη, η αληθινή αγάπη και η ειλικρίνεια.

Το σύζυγό μου Γιώργη και την Κατερινούλα μου, τους ευχαριστώ για όλα! Ήταν υπομονετικά μαζί μου σε κάθε βήμα για την περάτωση της παρούσας διατριβής και όσα λόγια κι αν γράψω σίγουρα δεν αρκούν για να εκφράσω την ευγνωμοσύνη και την αγάπη μου ... οι δύο τους αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι αυτής της προσπάθειας.

18/02/2019, 9:20 πμ, στο αυτοκίνητο,
στο δρόμο προς τον παιδικό σταθμό,
κοιτώντας το Βαθροβούνι:

Κατερίνα (3 ετών): *Μαμά όταν θα ξαναπάμε στο βουνό θα αφήσω πάλι πίσω τα πετρώματα που μαζέψαμε το Σάββατο για να μεγαλώσουν κι' άλλο!*

Μαμά (εγώ): *Δεν καταλαβαίνω ... τι εννοείς;*

Κατερίνα (3 ετών): *Εννοώ πως έχω δει πετρώματα να βρίσκονται χαμηλά και άλλα να βρίσκονται πολύ ψηλά! Πως νομίζεις μαμά πως έφτασαν εκεί πάνω; Μεγάλωσαν!… Γι' αυτό θα τα αφήσω πάλι πίσω!*

….μια συζήτηση που καταδεικνύει πως η προσπάθεια κατανόησης της εξέλιξης του αναγλύφου επιχειρείται ήδη από την ηλικία των τριών ετών….

… και αρκεί να αρχίσει για να επιχειρείται έκτοτε διαρκώς!

Κανέλλα (Νέλλη) Βαλκάνου

28 Μαΐου 2021

Βασιλικό Χαλκίδας

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη 1
Abstract 2
Κατάλογος Σχημάτων 3
Κατάλογος Πινάκων 18
Ακρωνύμια και συντομογραφίες 21

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγικά στοιχεία

1.1 Εισαγωγή 25
1.1.1 Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης 25
1.1.2 Σκοπός της διατριβής και επιμέρους στόχοι 27
1.1.3 Οργάνωση και δομή της διατριβής 29
1.1.4 Δεδομένα και εργαλεία 31
1.2 Βασικές έννοιες 34
1.2.1 Σεισμοί και ρήγματα 34
1.2.2 Γεωμορφολογία 36
1.2.3 Τεκτονική, ενεργός τεκτονική, νεοτεκτονική 37
1.2.4 Γεωμορφολογικοί δείκτες νεοτεκτονικής - Απόκριση αναγλύφου 38
1.2.5 Φυσικές καταστροφές και ενεργές τεκτονικά ζώνες 42
1.2.6 Εκτίμηση Σεισμικού Κινδύνου 43

Κεφάλαιο 2. Γεωλογικό καθεστώς και σεισμικότητα

2.1 Το γεωδυναμικό καθεστώς της Ελλάδας 47
2.1.1 Η σεισμικότητα του Ελληνικού χώρου 51
2.2 Γεωτεκτονική δομή της βόρειας Εύβοιας 53
2.2.1 Η λιθοστρωματογραφία της βόρειας Εύβοιας 57
2.2.1.1 Προ – αλπικό υπόβαθρο 59
2.2.1.2 Αλπικό υπόβαθρο 59
2.2.1.3 Μετά – αλπικά ιζήματα 62
2.3 Η τεκτονική της βόρειας Εύβοιας 68
2.3.1 Η τεκτονική τάφρος του βόρειου Ευβοϊκού 71
2.4 Η σεισμικότητα της βόρειας Εύβοιας 74

Κεφάλαιο 3. Γεωμορφομετρία (Τοπογραφική ανάλυση)

3.1 Εισαγωγή 80
3.2 Μεθοδολογία ανάλυσης 81
3.2.1 Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους στην τοπογραφική ανάλυση 84
3.2.2 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά 84
3.2.3 Ταξινόμηση των χαρακτηριστικών αναγλύφου με χρήση τεχνικών ΣΓΠ 89

3.2.4 Ταξινόμηση αναγλύφου κατά Hammond και Dikau ... 92
3.2.5 Τοπογραφικά προφίλ ... 93
3.2.6 Ανάλυση τεκτονικών δομών ... 93
3.3 Αποτελέσματα τοπογραφικής ανάλυσης ... 97
3.3.1 Ανάλυση Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους ... 97
3.3.2 Ανάλυση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών ... 98
3.3.3 Ταξινόμηση χαρακτηριστικών του αναγλύφου περιοχής μελέτης με χρήση τεχνικών ΣΓΠ ... 109
3.3.4 Ταξινόμηση του αναγλύφου της περιοχής μελέτης κατά Hammond και Dikau ... 114
3.3.5 Τοπογραφικά προφίλ περιοχής μελέτης ... 119
3.3.6 Ανάλυση των τεκτονικών δομών της περιοχής μελέτης ... 123
3.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα ... 135

Κεφάλαιο 4. Ανάλυση υδρογραφικών συστημάτων σε περιφερειακή κλίμακα

4.1 Εισαγωγή ... 139
4.2 Μεθοδολογία ανάλυσης ... 141
4.2.1 Ποσοτική ανάλυση υδρογραφικών δικτύων ... 145
4.2.1.1 Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου ... 145
4.2.1.2 Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου ... 146
4.2.1.3 Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου ... 146
4.2.2 Ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση λεκανών απορροής ... 149
4.2.2.1 Άμεσα μετρούμενες παράμετροι λεκανών απορροής ... 150
4.2.2.2 Υπολογιζόμενες παράμετροι λεκανών απορροής ... 152
4.2.3 Πολυκριτηριακή ανάλυση της νεοτεκτονικής δραστηριότητας σε περιφερειακή κλίμακα ... 162
4.2.4 Μέθοδος υπολογισμού του νέου σύνθετου δείκτη IRTA (Index of relative tectonic activity- Δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής) για την εκτίμηση της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας ... 166
4.3 Αποτελέσματα ... 166
4.3.1 Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης υδρογραφικών δικτύων ... 167
4.3.2 Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης λεκανών απορροής ... 171
4.3.3 Διαφοροποιήσεις μορφομετρικών παραμέτρων κατά μήκος των ακτών της περιοχής μελέτης ... 180
4.3.4 Αποτελέσματα παραγοντικής ανάλυσης ... 183
4.3.5 Ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών με βάση τη ανθεκτικότητα και τη διαπερατότητά τους ... 192
4.3.6 Αποτελέσματα Αναλυτικής Ιεράρχησης ... 196
4.3.7 Υπολογισμός της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας μέσω του υπολογισμού του σύνθετου δείκτη IRTA (Δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής) ... 202
4.4 Συζήτηση - Καθορισμός ζωνών υψηλής έως πολύ υψηλής σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης ... 207

Κεφάλαιο 5. Γεωμορφολογία - Ειδική γεωμορφομετρία

5.1 Εισαγωγή ... 225
5.2 Μεθοδολογία ανάλυσης ... 227
5.2.1 Οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης και απόθεσης - Κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης και απόθεσης - Μορφολογικές ασυνέχειες ... 227

5.2.2 Κύριες ποτάμιες γεωμορφές 230
5.2.2.1 Μορφή υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων, σημεία κάμψης και πιθανής πειρατείας 230
5.2.2.2 Ποτάμιες αναβαθμίδες 232
5.2.3 Κύριες παράκτιες γεωμορφές 234
5.2.3.1 Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια 235
5.2.3.2 Δελταϊκά ριπίδια 236
5.2.3.3 Θαλάσσιες αναβαθμίδες 238
5.2.3.4 Ανυψωμένες και βυθισμένες παλιρροιακές εγκοπές 238
5.2.3.5 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί και άλλες παράκτιες γεωμορφές 240
5.2.4 Ταξινόμηση των ακτών με κριτήριο τη λιθολογία και τη μορφολογική κλίση 240
5.2.5 Τριγωνικά πρανή 241
5.2.6 Εμφανίσεις κορημάτων 242
5.2.7 Έλη και λιμνοθάλασσες 242
5.2.8 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις 242
5.3 Αποτελέσματα 243
5.3.1 Νεογενείς λεκάνες στην περιοχή μελέτης 243
5.3.2 Ανάλυση οριζόντιων και κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης και απόθεσης – Ανάλυση μορφολογικών ασυνεχειών 246
5.3.2.1 Οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης. 246
5.3.2.2 Οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης 247
5.3.2.3 Κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης 248
5.3.2.4 Κεκλιμένες επιφάνειες απόθεσης 248
5.3.2.5 Μορφολογικές ασυνέχειες 249
5.3.3 Περιγραφή κύριων ποτάμιων γεωμορφών 258
5.3.3.1 Ανάλυση μορφής υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων 259
5.3.3.2 Εντοπισμός πιθανών πειρατειών 260
5.3.3.3 Εντοπισμός σημείων κάμψης 263
5.3.3.4 Ποτάμιες αναβαθμίδες 271
5.3.4 Περιγραφή κύριων παράκτιων γεωμορφών 277
5.3.4.1 Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια 277
5.3.4.2 Περιγραφή δελταϊκών ριπιδίων 280
5.3.4.3 Θαλάσσιες αναβαθμίδες 289
5.3.4.4 Βυθισμένες και ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές 291
5.3.4.5 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί 295
5.3.4.6 Παράκτιες θίνες 295
5.3.4.7 Άλλες παράκτιες γεωμορφές 295
5.3.5 Ταξινόμηση των ακτών της βόρειας Εύβοιας 300
5.3.6 Περιγραφή τριγωνικών πρανών 305
5.3.7 Εμφανίσεις κορημάτων 308
5.3.8 Αποτύπωση ελών και λιμνοθαλασσών 310
5.3.9 Αποτύπωση ανθρωπογενών επεμβάσεων 311
5.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα 314

Κεφάλαιο 6. Ανάλυση υδρογραφικών συστημάτων σε τοπική κλίμακα - Τεκτονική Γεωμορφολογία

6.1 Εισαγωγή ... 319
6.2 Μεθοδολογία ανάλυσης ... 321
6.2.1 Επιμήκη προφίλ ... 322
6.2.2 Μορφοτεκτονικοί δείκτες ... 327
6.2.2.1 Δείκτης ασυμμετρίας (Af) ... 327
6.2.2.2 Συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T) ... 327
6.2.2.3 Δείκτης μήκους - κλίσης ρέματος (SL) ... 329
6.2.2.4 Δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) - ... 331
6.2.2.5 Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi) ... 333
6.2.2.6 Δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs) ... 333
6.2.2.7 Δαντέλωση στους πρόποδες των ορεινών όγκων ή δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf) ... 334
6.2.3 Σύνθετοι δείκτες που έχουν προταθεί παγκοσμίως ... 335
6.3 Αποτελέσματα ... 339
6.3.1 Ανάλυση επιμήκων τομών (προφίλ) των κεντρικών κοιτών των υδρογραφικών δικτύων ... 339
6.3.2 Αποτελέσματα εκτίμησης μορφοτεκτονικών δεικτών ανά ζώνη ... 345
6.3.2.1 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη ασυμμετρίας (Af) ... 345
6.3.2.2 Αποτελέσματα εκτίμησης συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T) ... 349
6.3.2.3 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη μήκους - κλίσης ρέματος (SL) ... 352
6.3.2.4 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) ... 361
6.3.2.5 Αποτελέσματα σχεδίασης εκτίμησης υψομετρικής καμπύλης και εκτίμησης υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi) ... 365
6.3.2.6 Αποτελέσματα εκτίμησης του Δείκτη εκτίμησης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs) ... 373
6.3.2.7 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf) ... 376
6.3.3 Εντοπισμός ενεργών μετώπων με βάση τη σύγκριση δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf) και δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος (Vf) ... 380
6.3.4 Υπολογισμός σύνθετων δεικτών που έχουν προταθεί παγκοσμίως ... 381
6.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα ... 389

Κεφάλαιο 7. Εκτίμηση της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης και του σεισμικού κινδύνου

7.1 Εισαγωγή ... 399
7.2 Μεθοδολογία ανάλυσης ... 401
7.2.1 Μεταβλητές ανάλυσης ... 403
7.2.2 Μορφοτεκτονικοί δείκτες ... 404
7.2.3 Χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων για τον υπολογισμό της παραμόρφωσης ... 405
7.2.3.1 Έλεγχος – Επαλήθευση πολυκριτηριακής ανάλυσης ... 409
7.2.4 Σεισμικό Δυναμικό ρηγμάτων ... 409
7.3 Αποτελέσματα ... 413
7.3.1 Υπολογισμός μορφοτεκτονικών κριτηρίων ... 413
7.3.2 Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης ... 414

7.3.2.1 Σύγκριση της υπολογισθείσας νεοτεκτονικής παραμόρφωσης με τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα 425
7.3.3 Υπολογισμός σεισμικού δυναμικού ρηγμάτων 430
7.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα 434

Κεφάλαιο 8. Σύνθεση – Συμπεράσματα

Σύνθεση/Συμπεράσματα 439

Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για μελλοντικό έργο

Περιορισμοί της έρευνας 448
Προτάσεις για μελλοντικό έργο 448

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση 451
Ελληνόγλωσση 478

Γλωσσάρι

Γλωσσάρι όρων 484

Παραρτήματα

Παράρτημα 1. Γεωλογικοί σχηματισμοί και λεκάνες απορροής 491
Παράρτημα 2. Ανάλυση ρηξιγενούς ιστού (ροδογράμματα τεκτονικών γραμμών) 493
Παράρτημα 3. Ανάλυση υδρογραφικών δικτύων και λεκανών απορροής 498
Παράρτημα 4. Ανάλυση λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα 560
Παράρτημα 5. Σύγκριση καθορισμένων ζωνών 574
Παράρτημα 6. Ανάλυση σε τοπική κλίμακα 577
Παράρτημα 7. Νεοτεκτονικός χάρτης 600

Ευρετήριο

Ευρετήριο όρων 602

Περίληψη

Στο πλαίσιο της διδακτορικής αυτής διατριβής αρχικά δημιουργήθηκε μια χωρική βάση δεδομένων για το βόρειο τμήμα της νήσου Εύβοιας, η οποία περιλαμβάνει τοπογραφικά, γεωλογικά, τεκτονικά, σεισμικά και γεωμορφολογικά δεδομένα, που προήλθαν από αναλογικούς χάρτες, βιβλιογραφικές πηγές, αλλά και από εργασία πεδίου. Σκοπός της συλλογής και οργάνωσης των πληροφοριών ήταν να χρησιμοποιηθούν με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο στις επιμέρους φάσεις της μεθοδολογίας, αξιοποιώντας ένα μεγάλο αριθμό εργαλείων και τεχνικών ανάλυσης των ΣΓΠ.

Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν περιλαμβάνουν την ταξινόμηση του αναγλύφου, τη λεπτομερή γεωμορφολογική χαρτογράφηση και αποτύπωση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της βόρειας Εύβοιας καθώς και την ποσοτική ανάλυση των υδρογραφικών συστημάτων. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε τόσο σε περιφερειακή, όσο και σε τοπική κλίμακα με χρήση στατιστικών μεθόδων, όπως η παραγοντική ανάλυση και με χρήση εργαλείων λήψης χωρικών αποφάσεων, όπως η αναλυτική ιεράρχηση. Υπολογίστηκαν σύνθετοι μορφοτεκτονικοί δείκτες για τον προσδιορισμό της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας, προτάθηκε ένας νέος σύνθετος δείκτης που ονομάστηκε IRTA για τον ίδιο σκοπό και εφαρμόστηκε η σταθμισμένη χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση σε συνδυασμό με την ασαφή αναλυτική ιεράρχηση για την εκτίμηση της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. Επιπλέον υπολογίστηκε το δυναμικό γένεσης σεισμού βάσει εμπειρικών σχέσεων στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν τα μήκη των ρηγμάτων που εκτιμήθηκαν από την παρούσα έρευνα και οι ρυθμοί ολίσθησης από βιβλιογραφικά δεδομένα.

Ως αποτέλεσμα των επιμέρους αναλύσεων η περιοχή υποδιαιρέθηκε σε ζώνες υψηλής και πολύ υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας και νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. Οι ταξινομήσεις και οι παραγόμενοι χάρτες που προέκυψαν από την εφαρμογή των επιμέρους μεθοδολογιών συγκρίθηκαν και αξιολογήθηκαν. Η παρούσα διατριβή έδειξε πως η διαμόρφωση του αναγλύφου συνολικά, έχει επηρεαστεί από τα επιμέρους τμήματα των κύριων ρηξιγενών ζωνών Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου, Κεχριών, Προκοπίου-Πηλίου καθώς και από τα ενεργά κανονικά ρήγματα του ΒΑ τμήματος της περιοχή μελέτης. Η διατριβή, μέσω γεωμορφολογικών και μορφοτεκτονικών αναλύσεων, παρουσιάζει την ταξινόμηση των ρηγμάτων της περιοχής μελέτης σε πολύ πιθανής και πιθανής δραστηριότητας καθώς και την τμηματοποίηση των κύριων ρηξιγενών ζωνών, και πέραν του μορφοτεκτονικού χάρτη και των χαρτών σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας και νεοτεκτονικής παραμόρφωσης που περιλαμβάνει, συνοδεύεται επίσης από το νεοτεκτονικό χάρτη της Βόρειας Εύβοιας.

Λέξεις κλειδιά: Ενεργός τεκτονική, Εύβοια - Στερεά Ελλάδα, Γεωμορφολογία, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών - ΣΓΠ, Μορφομετρικοί δείκτες

Abstract

For the purposes of this Ph.D. thesis, a spatial database of the northern part of the Evia Island was developed. As much as possible data regarding the topography, the geology, tectonics, seismicity and the geomorphology of the study area were collected using published maps, bibliographic sources and field work. The purpose of the implementation of the information in a database was to be used in the optimal way during several phases of the methodology, utilizing a large number of analysis tools and techniques of GIS.

The used methods include the landscape classification, the geomorphological mapping and the quantitative analyses of the drainage systems, performed in both regional and local scale. The analyses were performed with the use of statistical methods such as factor analysis and using spatial decision making tools such as analytical hierarchy process. Simple and composite morphotectonic indices were calculated and a new integrated index named IRTA was proposed in order to determine the relevant tectonic activity. GIS-based spatial multi-criteria analysis, along with fuzzy analytic hierarchy process, was applied to estimate the neotectonic deformation of the landscape. The maximum earthquake magnitudes and the recurrence intervals were estimated using empirical relationships, wherein the lengths of the faults were based on the present study's estimations and the slip rates were based on bibliographic data.

As a result of the individual analyses, the study area was classified into zones of high to very high tectonic activity and into zones of neotectonic deformation. The proposed classifications and the maps produced through the application of the above mentioned methods were compared and evaluated. The present thesis proposes that the development of drainage systems and of the relief as a whole is closely linked to the major fault zones of Dirfis, Kandili, Gregolimano-Telethrio, Kechries, Prokopi-Pelion and as well to the minor active normal faults affecting the north-eastern parts of the island, while the landscape deformation is analogous to their activity. The dissertation, through geomorphological and morphotectonic analyses, suggests a classification of the faults according to the reliability of their activity and proposes the segmentation of the major fault zones. Apart from the included morphotectonic map and the maps of relative tectonic activity and neotectonic landscape deformation, the dissertation is also accompanied by the neotectonic map of the Northern Evia Island.

Keywords: Active tectonics, Evia (Euboea) Island - Central Greece, Geomorphology, Geographical Information Systems - GIS, Geomorphic indices

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1. Τοπογραφικός χάρτης ισοδιάστασης 300 μ της ευρύτερης περιοχής μελέτης. 26

Σχήμα 1.2. Σκιασμένο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) της ευρύτερης περιοχής μελέτης. 26

Σχήμα 1.3. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που συνδέονται με ενεργό ρήγμα (τροποποιημένο από Slemmons & Depolo, 1986). 39

Σχήμα 1.4. (α) Διάγραμμα που δείχνει τα μορφολογικά και δομικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τα κανονικά ρήγματα και (β) Η αντίστοιχη εγκάρσια τομή (τροποποιημένο από Strak et al., 2011). 41

Σχήμα 1.5. Εξέλιξη ρηξιγενούς πρανούς κανονικού ρήγματος (τροποποιημένο από Χατζηπέτρος (1998)). 42

Σχήμα 1.6. Διάγραμμα με τους παράγοντες που συγκλίνουν στον ορισμό της σεισμικής διακινδύνευσης (τροποποιημένο από Panizza, 1991). 44

Σχήμα 2.1. Κύρια νεοτεκτονικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού τόξου και του Αιγαιακού χώρου 48

Σχήμα 2.2. Χάρτης χωρικής κατανομής των επικέντρων 7352 επιφανειακών και ενδιάμεσου βάθους σεισμών στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας για την περίοδο 1900-2009 (Makropoulos et al., 2012). 52

Σχήμα 2.3. Γεωτεκτονικές ζώνες και τεκτονο-στρατιγραφικά πεδία της νήσου Εύβοιας κατά Μουντράκη (1985) και Papanikolaou (2009) αντίστοιχα. Στο σχήμα απεικονίζονται επίσης οι θέσεις των κυριότερων λεκανών ηλικίας Μειόκαινου-Πλειόκαινου της περιοχής σύμφωνα με τους Ioakim et al. (2005). 54

Σχήμα 2.4. Σχηματικό τεκτονικό προφίλ του ωκεάνιου πεδίου Vardar-Αξιός (ζώνη οφιολίθων βόρειας και κεντρικής Εύβοιας) (τροποποιημένο από Papanikolaou, 2009). 56

Σχήμα 2.5. Αριστερά Νεογενή ιζήματα βόρεια της περιοχής Ψαχνά και δεξιά σχιστοκερατολιθική διάπλαση νότια της περιοχής Προκόπι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 29/08/2020). 65

Σχήμα 2.6. Αριστερά οφιόλιθοι και δεξιά ασβεστόλιθοι νότια της περιοχής Προκόπι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 29/08/2020). 65

Σχήμα 2.7. Περιδοτίτες, σερπεντινίτες νότια της περιοχής Ψαροπούλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 29/08/2020). 65

Σχήμα 2.8. Πρόσφατοι κώνοι κορημάτων στις ΝΔ πλαγιές του όρους Κανδήλι, τοπικά πολύ συνεκτικοποιημένοι στη φωτογραφία δεξιά (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 11/09/2014, προσανατολισμός Α-ΒΑ). 66

Σχήμα 2.9. Πρασινίτες-πρασινόλιθοι με παρεμβολές σχιστολίθων και φυλλιτών βόρεια της περιοχής Ροβιές στις ΝΔ πλαγιές του όρους Τελέθριο 66

Σχήμα 2.10. Αριστερά τερφρόμαυροι λεπτο-μεσο στρωματώδεις ασβεστόλιθοι άνω Τριαδικού-κάτω Ιουρασικου ανατολικά της περιοχής Κεχριές και δεξιά πλευρικά κορήματα στις δυτικές κλιτύες του όρους Δίρφυς 66

Σχήμα 2.11. Λιθολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης πάνω σε φωτοσκιασμένο ΨΜΕ (hillshade), βασισμένος στους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50000, φύλλα Πελασγία, Ιστιαία, Λίμνη, Λάρυμνα, Ψαχνά-Πήλιο, Χαλκίδα και Κύμη και στο γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας κλίμακας 1:500000 του ΙΓΜΕ. 67

Σχήμα 2.12. Χάρτης με τα ηφαιστειακά κέντρα και τις θέσεις των σημαντικότερων θερμών πηγών της περιοχής (Karastathis et al., 2011). 69

Σχήμα 2.13. Τεκτονικός χάρτης κεντρικής και βόρειας Εύβοιας (Roberts & Jackson 1991; Genre 1999; Palyvos et al., 2006; Ganas et al., 2013 και προσωπική εργασία πεδίου). 73

Σχήμα 2.14. Κατανομή των τιμών των μεγεθών όλων των σεισμών που έλαβαν χώρα στην περιοχή μελέτης (για την ακριβή οριοθέτηση βλέπε κείμενο) κατά το χρονικό διάστημα 1902-Ιούνιος 2018 με ML>4.0 (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, 2018). 77

Σχήμα 2.15. Χάρτης με τα επίκεντρα των σεισμών, μεγέθους ML>4.0, οι οποίοι έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή, από το 1902 μέχρι τον Ιούνιο 2018. Τα στοιχεία έχουν ληφθεί από τον πλήρη κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου (2018). 77

Σχήμα 2.16. Χάρτης με τα επίκεντρα των ιστορικών σεισμών της ευρύτερης περιοχής, οι οποίοι έλαβαν χώρα μεταξύ 550 π.Χ. και 1900 (Papazachos et al., 2000). 78

Σχήμα 3.1. Διάγραμμα ροής στο οποίο απεικονίζονται αναλυτικά τα στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την ποσοτική μορφομετρική ανάλυσης και την ανάλυση φωτογραμμώσεων. 83

Σχήμα 3.2. Καμπυλότητες κάθετα και παράλληλα στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης (τροποποιημένο σχήμα από Shary et al. (2002)). 87

Σχήμα 3.3. Συσχέτιση των τιμών των δύο συνιστωσών καμπυλότητας με τους μηχανισμούς συσσώρευσης της ροής (τροποποιημένο σχήμα από Tchoukanski (2016)). 87

Σχήμα 3.4. Χρήση τιμών δείκτη εντοπισμού και κλίσης για την ταξινόμηση των κελιών με βάση τη θέση στην κλιτύ (τροποποιημένο από Jenness et al. (2013). 90

Σχήμα 3.5. Ραβδόγραμμα που παρουσιάζει το ποσοστό και την έκταση που καλύπτει κάθε υψομετρική ζώνη στην περιοχή μελέτης. 98

Σχήμα 3.6. Ραβδόγραμμα που παρουσιάζει το ποσοστό και την έκταση που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη κλίσεων. 99

Σχήμα 3.7. Ραβδόγραμμα που παρουσιάζει το ποσοστό και την έκταση που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη προσανατολισμού. 100

Σχήμα 3.8. ΨΜΕ περιοχής μελέτης με μέγεθος κελιού 50 μ*50 μ επάνω και 20 μ*20 μ κάτω. 103

Σχήμα 3.9. Χάρτης ταξινομημένων υψομέτρων της περιοχής μελέτης. 104

Σχήμα 3.10. Ταξινομημένος χάρτης κλίσεων της περιοχής μελέτη με βάση το ΨΜΕ. 104

Σχήμα 3.11. Ταξινομημένος χάρτης προσανατολισμού κλίσεων της περιοχής μελέτη με βάση το ΨΜΕ. 105

Σχήμα 3.12. Ταξινομημένος χάρτης καμπυλότητας κάθετα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης με βάση το ΨΜΕ. 105

Σχήμα 3.13. Ταξινομημένος χάρτης καμπυλότητας παράλληλα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης με βάση το ΨΜΕ. 106

Σχήμα 3.14. Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης περιοχής μελέτης. 106

Σχήμα 3.15. Δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων περιοχής μελέτης. 107

Σχήμα 3.16. Υπολογισμός τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού στην περιοχή μελέτης με εφαρμογή ακτίνας γειτονίας 50 μ. 108

Σχήμα 3.17. Υπολογισμός τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού στην περιοχή μελέτης με εφαρμογή ακτίνας γειτονίας 150 μ. 108

Σχήμα 3.18. Γραφική παρουσίαση του ποσοστού που καλύπτουν κάθε μία από τις έξι (6) τάξεις των χαρακτηριστικών του αναγλύφου στην περιοχή μελέτης, με χρήση κυκλικής γειτονίας 50 μ. 109

Σχήμα 3.19. Γραφική παρουσίαση του ποσοστού που καταλαμβάνει κάθε τάξη χαρακτηριστικών του αναγλύφου από τις οκτώ (8) τάξεις που εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης. 110

Σχήμα 3.20. Θέση επαλήθευσης 1 (έντονη κατά βάθος διάβρωση), Θέση επαλήθευσης 2 (πεδιάδα), Θέση επαλήθευσης 3 (κορυφή όρους). 111

Σχήμα 3.21. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιαςσε τέσσερις (4) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 50 μ. 115

Σχήμα 3.22. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας σε τέσσερις (4) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 90 μ. 115

Σχήμα 3.23. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας σε τέσσερις (4) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 250 μ. 116

Σχήμα 3.24. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας σε έξι (6) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 50 μ. 116

Σχήμα 3.25. Ταξινόμηση των χαρακτηριστικών του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας με βάση τις κατηγορίες που έχουν προταθεί από τον Weiss (2001) και με εφαρμογή ακτίνας γειτονίας 50 μ και 150 μ. 117

Σχήμα 3.26. Περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος από γεωμορφολογική άποψη που θα μελετηθούν αναλυτικά στο κεφάλαιο της γεωμορφολογίας (Κεφάλαιο 5). 117

Σχήμα 3.27. Ταξινόμηση του αναγλύφου της περιοχής μελέτης κατά Hammond και Dikau. 118

Σχήμα 3.28. Χάρτης που δείχνει τις θέσεις των κατά πλάτος τοπογραφικών τομών και του κύριου υδροκρίτη και τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή τους. 120

Σχήμα 3.29. Τρισδιάστατη απεικόνιση ΨΜΕ όπου φαίνεται η μετατόπιση του κεντρικού υδροκρίτη κατά μήκος του βόρειου τμήματος του νησιού. 120

Σχήμα 3.30. Τοπογραφικές τομές κατά πλάτος του νησιού στις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα 3.28. Με κόκκινο κύκλο σημειώνεται η θέση που η τομή τέμνει τον κύριο υδροκρίτη. 121

Σχήμα 3.31. Επίμηκες προφίλ του κύριου υδροκρίτη κατασκευασμένο από τις ισοϋψείς των 20 μ από τους τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000. 122

Σχήμα 3.32. Χάρτης τεκτονικών γραμμών της περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από την ψηφιοποίησή τους από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ και από τον σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας. 127

Σχήμα 3.33. Χάρτης τεκτονικών δομών περιοχής μελέτης. 127

Σχήμα 3.34. Χάρτης προσανατολισμού των τεκτονικών δομών της περιοχής μελέτης. 128

Σχήμα 3.35. Χάρτης συχνότητας των τεκτονικών γραμμών της περιοχής μελέτης. 128

Σχήμα 3.36. Οκτώ (8) χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου που προέκυψαν από το ΨΜΕ με διευθύνσεις φωτισμού (αζιμούθιο φωτεινής πηγής) 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° και 315° και ύψος 45°. 129

Σχήμα 3.37. Δύο χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου που προέκυψαν από συνδυασμό διαφορετικών εικόνων σκίασης. α: Συνδυασμός τεσσάρων εικόνων με γωνίες πηγής φωτός 0°, 45°, 90° και 135° και β: Συνδυασμός τεσσάρων εικόνων με γωνίες πηγής φωτός 180°, 225°, 270° και 315°. 130

Σχήμα 3.38. Εξαγωγή φωτογραμμώσεων με αυτόματο τρόπο από τους χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου. (α): Φωτογραμμώσεις που προέκυψαν από συνδυασμό τεσσάρων εικόνων σκιασμένου ανάγλυφου με γωνίες πηγής φωτός 0°, 45°, 90° και 135° και (β): Φωτογραμμώσεις που προέκυψαν από συνδυασμό τεσσάρων εικόνων σκιασμένου ανάγλυφου με γωνίες πηγής φωτός 180°, 225°, 270° και 315°. 131

Σχήμα 3.39. Χάρτης συχνότητας (α) φωτογραμμώσεων (α) και (β) φωτογραμμώσεων (β), της περιοχής μελέτης. 132

Σχήμα 3.40. Ροδογράμματα (α) συχνότητας και (β) πυκνότητας για το σύνολο του ρηξινενούς ιστού της περιοχής μελέτης (910 τεκτονικές γραμμές). 133

Σχήμα 3.41. Ροδογράμματα συχνότητας (αριστερά) και πυκνότητας (δεξιά) φωτογραμμώσεων της περιοχής μελέτης όπως προέκυψαν από την αυτόματη εξαγωγή τους από το σκιασμένο ανάγλυφο (α) και το σκιασμένο ανάγλυφο (β) (δες σχήμα 3.38 και κείμενο). 134

Σχήμα 4.1. Τοπογραφικός χάρτης (ισοδιάσταση 100 μ) με τα υδρογραφικά δίκτυα και τις λεκάνες απορροής (φαίνεται ενδεικτικά η αρίθμηση των λεκανών απορροής). 142

Σχήμα 4.2. Σχηματικό διάγραμμα ροής της πρώτης φάσης της ποσοτικής ανάλυσης των ποτάμιων συστημάτων όπου φαίνεται η ροή των υπολογισμών και η συνεισφορά κάθε παραμέτρου. 143

Σχήμα 4.3. Σχηματικό διάγραμμα ροής της δεύτερης φάσης της ανάλυσης όπου φαίνεται η ροή των εργασιών για τον προσδιορισμό του σχετικού βαθμού τεκτονικής δραστηριότητας στις λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης με χρήση των μορφομετρικών παραμέτρων που υπολογίστηκαν στην πρώτη φάση (η χρήση των συγκεκριμένων παραμέτρων και η μεθοδολογία συνολικά - παραγοντική ανάλυση και αναλυτική ιεράρχηση - βασίζεται στη μελέτη των Argyriou et al. (2017)) 144

Σχήμα 4.4. Αρίθμηση κλάδων υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler. 145

Σχήμα 4.5. Χαμηλή υδρογραφική συχνότητα και πυκνότητα δικτύου – τραχειά υδρογραφική υψή (αριστερά), υψηλές τιμές συχνότητας και πυκνότητας-λεπτή υδρογραφική υψή (δεξιά). 149

Σχήμα 4.6. Σχηματική απεικόνιση ορισμένων από τις άμεσα μετρούμενες ποσοτικες γεωμορφολογικες παραμέτρους μιας λεκάνης απορροής. 150

Σχήμα 4.7. Σχηματική αναπαράσταση της επίδρασης του σχήματος της λεκάνης απορροής στη μορφή του υδρογραφήματος στην έξοδό της. 153

Σχήμα 4.8. Υπολογισμός δείκτη σχήματος λεκάνης (Bs) (τροποποιημένο από Mahmood & Gloaguen, 2012).154

Σχήμα 4.9. Τοπικό ανάγλυφο (H), μέγιστο (H_{max}), το ελάχιστο (H_{min}) και το μέσο (H_{mean}) υψόμετρο της λεκάνης απορροής (τροποποιημένο από Zăvoianu (1985)). 155

Σχήμα 4.10. Αριστερά οι συνιστώσες της υψομετρικής ανάλυσης που δείχνουν πώς υπολογίζονται τα δεδομένα εμβαδού-υψομέτρου, δεξιά η υψομετρική καμπύλη. Η περιοχή κάτω από την καμπύλη αυτή ισούται με το υψομετρικό ολοκλήρωμα (τροποποιημένο από Strahler, 1952). 156

Σχήμα 4.11. Υψομετρικές καμπύλες για τα διάφορα στάδια εξέλιξης του κύκλου διάβρωσης του Davis (τροποποιημένο από Strahler, 1957). 158

Σχήμα 4.12. Τρόπος υπολογισμού δείκτη ασυμμετρίας λεκάνης απορροής (Af) (τροποποιημένο από Mahmood & Gloaguen, 2012). 159

Σχήμα 4.13. Λογαριθμικό διάγραμμα μεταξύ του εμβαδού της λεκάνης απορροής και του συνολικού μήκους κλάδων του υδρογραφικού δικτύου για το σύνολο των λεκανών της περιοχής μελέτης. 167

Σχήμα 4.14. Υδρογραφικά δίκτυα που αποστραγγίζουν την περιοχή μελέτη αριθμημένα κατά Strahler και οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής. Οι αριθμοί αντιστοιχούν σε νούμερα λεκανών (ενδεικτικά). 168

Σχήμα 4.15. Διάγραμμα διασποράς των μεταβλητών υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα. 171

Σχήμα 4.16. Σχέση λόγου κυκλικότητας και δείκτη μορφής με το λόγο επιμήκυνσης. 177

Σχήμα 4.17. Σχέση λόγου επιμήκυνσης, λόγου κυκλικότητας και δείκτη μορφή. Παρατηρείται μια μείωση των τιμών (αναλογία) μεταξύ των τριών παραμέτρων. 178

Σχήμα 4.18. Σχέση μεταξύ λόγου αναγλύφου και του μεγέθους της λεκάνης απορροής. Ο άξονας x απεικονίζει την έκταση των λεκανών κατά φθίνουσα σειρά και ο άξονας y αντιστοιχεί στην παράμετρο του λόγου αναγλύφου. 178

Σχήμα 4.19. Συσχέτιση του λόγου αναγλύφου με την υδρογραφική πυκνότητα και την υδρογραφική συχνότητα. 179

Σχήμα 4.20. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης με βάση της τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος (<35%, 35%-50% και >50%). 179

Σχήμα 4.21. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης με βάση της τιμές της απόλυτης τιμής της διαφοράς του δείκτη ασυμμετρίας από την τιμή 50 που αποτελεί τη φυσική τιμή (<35%, 35%-50% και >50%). 180

Σχήμα 4.22. Συσχέτιση λόγου κυκλικότητας και δείκτη συγκέντρωσης. 180

Σχήμα 4.23. Διαγράμματα διασποράς που δείχνουν τη διαφοροποίηση των τεσσάρων παραμέτρων των λεκανών απορροής ανάλογα με τη θέση απόληξης του υδρογραφικού τους δικτύου. 182

Σχήμα 4.24. Scree plot παραγόντων που προκύπτουν από τις 17 μορφομετρικές παραμέτρους. 187

Σχήμα 4.25. Απλοποιημένος λιθολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης. 194

Σχήμα 4.26. Ραβδόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται η απόσταση κάθε ομάδας γεωλογικών σχηματισμών από το κέντρο της συστάδας στην οποία ανήκει. 196

Σχήμα 4.27. Βαθμονόμηση των λεκανών απορροής ως προς τη σχετική ενεργό τεκτονική που έχουν δεχτεί στη διαμόρφωσή τους, όπως προέκυψαν από την πολυκριτηριακή ανάλυση. 202

Σχήμα 4.28. Χωρική κατανομή (α) των τιμών της παραμέτρου της κλίσης (%) των κλιτύων των λεκανών απορροής, (β) των τιμών του υψομετρικού ολοκληρώματος και (γ) των τιμών του δείκτη ασυμμετρίας, στην περιοχή μελέτης. 204

Σχήμα 4.29. Χωρική κατανομή (α) των τιμών του λόγου αναγλύφου, (β) των τιμών του αριθμού τραχύτητας του Melton και (γ) των τιμών του δείκτη IRTA, στην περιοχή μελέτης. 205

Σχήμα 4.30. Βαθμονόμηση των λεκανών απορροής ως προς τη σχετική επίδραση της ενεργού τεκτονικής στη διαμόρφωσή τους, όπως προέκυψαν από τις δύο μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν: την πολυκριτηριακή ανάλυση και τον υπολογισμό του σύνθετου δείκτη IRTA. 206

Σχήμα 4.31. Βαθμονόμηση των λεκανών απορροής ως προς τη σχετική ενεργό τεκτονική που έχει διαμορφώσει τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, όπως προέκυψαν από την πολυκριτηριακή ανάλυση. Τα πλαίσια που φέρουν αρίθμηση αφορούν τις ζώνες στις οποίες διαιρέθηκε η περιοχή μελέτης για λεπτομερέστερη ανάλυση σε τοπική κλίμακα. 211

Σχήμα 4.32. Λεκάνες απορροής, στη ρηξιγενή ζώνη Δίρφυος, με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 1 στο σχήμα 4.31). 212

Σχήμα 4.33. Λεκάνες απορροής, στη ρηξιγενή ζώνη Κανδηλίου, με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 2 στο σχήμα 4.31). 212

Σχήμα 4.34. Λεκάνες απορροής, στη ρηξιγενή ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 3 στο σχήμα 4.31). 213

Σχήμα 4.35. Λεκάνες απορροής, στα ανατολικά και δυτικά του δελταϊκού ριπιδίου Ιστιαίας (στενό Ωρεών), με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 4 στο σχήμα 4.31). 213

Σχήμα 4.36. Λεκάνες απορροής, στο βορειοανατολικό τμήμα νησιού (Λιχάδες), με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 5 στο σχήμα 4.31). 214

Σχήμα 4.37. Ροδογράμματα κατανομής συχνοτήτων των διευθύνσεων των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων της κάθε μίας ρηξιγενούς ζώνης. 216

Σχήμα 4.38. Ροδογράμματα, σε σκαρίφημα της περιοχής μελέτης, στα οποίο απεικονίζονται (ανά διαστήματα 5°) οι τάσεις προσανατολισμού των τεκτονικών γραμμών (τα ροδογράμματα είναι χρωματισμένα ανάλογα με τη ρηξιγενή ζώνη την οποία αφορούν), των φωτογραμμώσεων (α) (προέκυψαν από συνδυασμό εικόνων με φωτεινή πηγή σε γωνίες 0°, 45°, 90° και 135°) και (β) (προέκυψαν από συνδυασμό εικόνων με φωτεινή πηγή σε γωνίες 180°, 225°, 270° και 315°) (πάνω το β και κάτω το α, δίπλα στα χρωματισμένα ροδογράμματα), καθώς και των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων για τις λεκάνες της κάθε ρηξιγενούς ζώνης-συνολικά και κατά θέσεις μόνο για τις μεγαλύτερες τάξεις (οι ζώνες καθορίστηκαν από την ομαδοποίηση βάσει της ανάλυσης που προηγήθηκε). 217

Σχήμα 4.39. Υψομετρικές καμπύλες των λεκανών απορροής συγκεντρωτικά για τις ζώνες (α) Δίρφυος, (β) Κανδηλίου, (γ) Γρεγολίμανου-Τελέθριου, (δ) Στενού Ωρεών και (ε) Βασιλίνας-Γρεγολίμανου. 220

Σχήμα 5.1. Μεταθέσεις κοιλάδων προς τα δυτικά μετά το μέτωπο της ασυνέχειας των Κεχριών. 244

Σχήμα 5.2. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ οριζόντιων επιφανειών επιπέδωσης 251

Σχήμα 5.3. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ οριζόντιων επιφανειών απόθεσης 252

Σχήμα 5.4. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης 253

Σχήμα 5.5. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ κεκλιμένων επιφανειών απόθεσης 254

Σχήμα 5.6. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ με τις μορφολογικές ασυνέχειες του νότιου τμήματος περιοχής μελέτης 255

Σχήμα 5.7. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ με τις μορφολογικές ασυνέχειες που εντοπίστηκαν στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης 256

Σχήμα 5.8. Ραβδόγραμμα του εμβαδού των οριζόντιων επιφανειών επιπέδωσης ανά υψομετρική ζώνη..... 257

Σχήμα 5.9. Ραβδόγραμμα του εμβαδού των επιφανειών απόθεσης ανά υψομετρική ζώνη..... 257

Σχήμα 5.10. Ραβδόγραμμα συχνότητας προσανατολισμού κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης. 257

Σχήμα 5.11. Ραβδόγραμμα συχνότητας προσανατολισμού κεκλιμένων επιφανειών απόθεσης. 258

Σχήμα 5.12. Το φαράγγι της Αγάλης (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 3/10/2020). 258

Σχήμα 5.13. Θέσεις διαφορετικών τύπων υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων, των φαραγγιών της περιοχής μελέτης, των καταρρακτών και των θέσεων πειρατείας δικτύων. 265

Σχήμα 5.14. Φωτογραφία έντονης κατά βάθος διάβρωσης (α) του δικτύου Νο37 στην περιοχή Ήλια (προσανατολισμός ΒΒΔ, ημερομηνία λήψης 11/09/2014) και (β) του δικτύου Νο78 (Μεσσάπιος ποταμός) βόρεια της περιοχής Πισσώνας (προσανατολισμός ΒΔ, ημερομηνία λήψης 27/01/2019). 266

Σχήμα 5.15. Σύλληψη κλάδου του δικτύου Νο 160 από το δίκτυο Νο164 και εγκάρσια στην κοίτη τοπογραφική τομή όπου φαίνεται η έντονη κατά βάθος διάβρωση που δε δικαιολογείται από έναν τόσο μικρού μήκους κλάδο. Επίσης, φαίνεται ο αγκώνας της σύλληψης (αστεράκι) και η ανεμοτομή (μωβ επιφάνεια), ήδη εντοπισμένη ως επιφάνεια απόθεσης. 266

Σχήμα 5.16. Λεπτομέρεια πιθανών πειρατειών υδρογραφικών δικτύων στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης. 266

Σχήμα 5.17. Σημεία κάμψης συνολικά όπως υπολογίστηκαν- ανωμαλία 1 και 2 (δεν συμπεριλαμβάνοντια σημεία κάμψης των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα).267

Σχήμα 5.18. Σημεία κάμψης μόνο ανωμαλία 1 (δεν συμπεριλαμβάνοντια σημεία κάμψης των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα). 268

Σχήμα 5.19. Σημεία κάμψης που δε σχετίζονται με λιθολογικές αλλαγές και υπάρχουσες ρηγματώσεις. Επίσης, απεικονίζονται νέες εγκάρσια στις κοίτες γραμμώσεις που φαίνεται να τα δημιουργούν βάσει των σχημάτων 3.38 α και β (δεν συμπεριλαμβάνονται σημεία κάμψης των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα). 269

Σχήμα 5.20. (α) Θέσεις επιμήκων τομών και (β) Επιμήκεις τομές σε τμήματα των υδρογραφικών δικτύων στην περιοχή των σημείων κάμψης: δίκτυο Νο38-Δαφνικούκι, δίκτυο Νο54-Δρυμώνα, δίκτυο Νο78-Έρια, δίκτυο Νο151-Παπάδες, δίκτυο Νο173-Γερακιού και δίκτυο Νο175-Κρέμαση. 270

Σχήμα 5.21. Αρχικός χάρτης με τις θέσεις των ποτάμιων αναβαθμίδων όπως προέκυψε από τη χρήση ημι-αυτοματοποιημένης μεθόδου, πριν τις απαραίτητες διορθώσεις. 273

Σχήμα 5.22. Ποτάμιες αναβαθμίδες του ποταμού (α) Κηρέα στην περιοχή Προκόπι - ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 25/10/2020 προσανατολισμός ΒΒΑ, (β) ΒΔ, (γ) 02/02/2019, προσανατολισμός ΒΒΔ και (δ) Ξηροπόταμου - ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 27/10/2020, προσανατολισμός ΒΑ. 273

Σχήμα 5.23. Ποτάμιες αναβαθμίδες σε διάφορες θέσεις του ποταμού Μεσσάπιου - ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 24/10/2020, προσανατολισμός (α) Δ, (β) ΒΔ και (γ) ΒΑ. 274

Σχήμα 5.24. Ποτάμιες αναβαθμίδες περιοχής μελέτης. 275

Σχήμα 5.25. Ενδεικτικές τομές εγκάρσια στις κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων Ξηροπόταμου και Νηλέα όπου αναπτύσσονται ποτάμιες αναβαθμίδες. 276

Σχήμα 5.26. Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια (α) βόρεια της περιοχής Ροβιές, λεκάνη απορροής Νο46 και (β) νότια της περιοχής Δάφνη, λεκάνης απορροή Νο76. 279

Σχήμα 5.27. Χάρτης με τις θέσεις των υπό μελέτη παράκτιων αλλουβιακών ριπιδίων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής, ταξινομημένα σε 4 ομάδες σύμφωνα με τις πρωτογενείς διεργασίες απόθεσης και την περιοχή ανάπτυξής τους σε σχέση με τις κύριες ρηξιγενείς ζώνες. 280

Σχήμα 5.28. Χάρτης θέσεων δελταϊκών ριπιδίων στην περιοχή μελέτης. 282

Σχήμα 5.29. Υλικά κοίτης του Ξηροπόταμου αριστερά και κεντρικό σημείο του δελταϊκού ριπιδίου Ιστιαίας δεξιά (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 19/08/2015, προσανατολισμός προς ΒΑ και ΒΔ αντίστοιχα). 283

Σχήμα 5.30. Το δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροποταμου. 284

Σχήμα 5.31. Το δελταϊκό ριπίδιο του Βούδωρου ποταμού αριστερά και οι εκβολές του δεξιά (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 02/02/2019, προσανατολισμός ΝΑ. 285

Σχήμα 5.32. (α) Το δελταϊκό ριπιδίο Βούδωρου (δορυφορική εικόνα Word Imagery του ArcMap) και (β) έλος «Βάλτος» ΒΔ της εκβολής του Βούδωρου. 286

Σχήμα 5.33. Το δελταϊκό ριπίδιο του Μεσσάπιου ποταμού. 288

Σχήμα 5.34. Φωτογραφία υγρότοπου Λιβάδι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 24/10/20, προσανατολισμός ΝΔ). 288

Σχήμα 5.35. Θαλάσσιες αναβαθμίδες που αναγνωρίστηκαν στην περιοχή μελέτης. 289

Σχήμα 5.36. Θαλάσσια αναβαθμίδα διαμορφωμένη σε Νεογενείς σχηματισμούς μεταξύ των περιοχών Ροβιές και Σηπιάς (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014, προσανατολισμός ΒΑ-Α). 290

Σχήμα 5.37. Θαλάσσιες αναβαθμίδες διαμορφωμένες σε ασβεστόλιθους και σε συνεκτικά πλευρικά κορήματα, στην περιοχή Σαρακήνικο (ανατολικά του Πηλίου). 290

Σχήμα 5.38. Αριστερά πάγκος διαμορφωμένος επί των ασβεστόλιθων ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού βόρεια της περιοχής Δάφνη και δεξιά ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή και πάγκος νότια της περιοχής Κατούνια (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014, προσανατολισμός Β-ΒΑ). 293

Σχήμα 5.39. Αριστερά δημιουργία εγκοπής στη σημερινή στάθμη θάλασσας και δεξιά κατάρρευση οροφής της εγκοπής που σχηματιζόταν στη σημερινή στάθμη θάλασσας και δημιουργία πάγκου στην περιοχή Χιλή βόρεια της Κύμης (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 17/07/2011, προσανατολισμός ΒΑ). 294

Σχήμα 5.40. Αριστερά οπές Lithophaga σε εγκοπή και δεξιά λεπτομέρεια από δειγματοληψία με μικρό τμήμα κελύφους (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014 και 04/09/2011 προσανατολισμός αριστερής φωτογραφία ΒΑ). 294

Σχήμα 5.41. Ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή (α) στα Ήλια και (β) βόρεια της Δάφνης (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014 προσανατολισμός ΒΑ και ΝΑ αντίστοιχα). 294

Σχήμα 5.42. Χάρτης θέσεων ανυψωμένων και βυθισμένων παλιρροιακών εγκοπών (Stiros et al., 1992; Evelpidou et al., 2012 και υπαίθριες παρατηρήσεις). 295

Σχήμα 5.43. Χάρτης θέσεων (και θέσεων φωτογραφιών) παράκτιων γεωμορφών της περιοχής μελέτης. 297

Σχήμα 5.44. Χαρακτηριστικές εικόνες και φωτογραφίες παράκτιων γεωμορφών της περιοχής μελέτης (α-ε) (οι θέσεις φαίνονται στο σχήμα 5.43). 298

Σχήμα 5.45. Χαρακτηριστικές εικόνες και φωτογραφίες παράκτιων γεωμορφών της περιοχής μελέτης (στ-λ) (οι θέσεις φαίνονται στο σχήμα 5.43). 299

Σχήμα 5.46. (α) Παράκτιοι κρημνοί με κλίση >30^{o} στις περιοχές Βλαχιά (αριστερά) και Κυμάσι (δεξιά), (β) Ακτές με μικρή κλίση στις περιοχές Πήλι (αριστερά) και Κυμάσι (δεξιά) και (γ) Ακτή με μικρή κλίση και στη συνέχεια με μέση κλίση με ίζημα και χωρίς στην περιοχή Ψαροπούλι (αριστερά) και ακτή μέσης κλίσης στην περιοχή ΝΑ της περιοχής Αιδηψός (δεξιά). 301

Σχήμα 5.47. Χάρτης παράκτιων λιθολογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης. 302

Σχήμα 5.48. Χάρτης μορφολογικών κλίσεων στην παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης. 303

Σχήμα 5.49. Ταξινόμηση παράκτιας ζώνης περιοχής μελέτης. 304

Σχήμα 5.50. Φωτογραφία χαρακτηριστικών τριγωνικών και τραπεζοειδών πρανών σε μέτωπο νότια της Λίμνης που αντιστοιχεί στο βόρειο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου. 306

Σχήμα 5.51. Χάρτης με τις περιοχές εμφάνισης των τριγωνικών και τραπεζοειδών πρανών της περιοχής μελέτης. 306

Σχήμα 5.52. Τρισδιάστατες όψεις προσανατολισμού ΒΑ της περιοχής του όρους Τελέθριο με ανύψωση εδάφους ίση με 1,5 για οπτικοποίηση των διακυμάνσεων αναγλύφου. Οι κόκκινου χρώματος γραμμές σημειώνουν τα τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή του ορεογραφικού μετώπου μεταξύ των κοιλάδων σχήματος «V» που τα «διακόπτουν». (α) Περιοχή Αιδηψός και (β) Περιοχή Ήλια. 307

Σχήμα 5.53. Τρισδιάστατες όψεις προσανατολισμού ΒΑ κατά μήκος του όρους Κανδήλι με ανύψωση εδάφους ίση με 1,5 για οπτικοποίηση των διακυμάνσεων αναγλύφου. Οι κόκκινου χρώματος γραμμές σημειώνουν τα τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή του ορεογραφικού μετώπου μεταξύ των κοιλάδων σχήματος «V» που τα «διακόπτουν». (α) Βόρειο τμήμα ζώνης, περιοχή νότια της Λίμνης και (β) Νότιο τμήμα ζώνης, περιοχή βόρεια της Δάφνης. 307

Σχήμα 5.54. Τρισδιάστατες όψεις προσανατολισμού ΝΔ στη ρηξιγενή ζώνη Δίρφυος με ανύψωση εδάφους ίση με 1,5 για οπτικοποίηση των διακυμάνσεων αναγλύφου. Οι κόκκινου χρώματος γραμμές σημειώνουν τα τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή του ορεογραφικού μετώπου μεταξύ των λεκανών σχήματος «V» που τα «διακόπτουν». (α) Περιοχή βόρεια της Κύμης και (β) Περιοχή παραλίας Χιλιαδού. 307

Σχήμα 5.55. Εμφανίσεις κορημάτων (υπαίθρια χαρτογραφηση και γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ) και κατολιθήσεις (Rozos et al., 2013) περιοχής μελέτης. 309

Σχήμα 5.56. Πλευρικά κορήματα (α) κατά μήκος του όρους Κανδήλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 11/09/2014, προσανατολισμός Α-ΝΑ) και (β) στις δυτικές κλιτύες της Δίρφυς (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 05/10/2020, προσανατολισμός Α-ΒΑ). 309

Σχήμα 5.57. Πλευρικά κορήματα (α) Νότια της περιοχής Πήλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 27/10/2020, προσανατολισμός ΒΑ και (β) στην περιοχή Σαρακήνικο, στα ΝΔ της περιοχής Πήλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 27/10/2020, προσανατολισμός Ν-ΝΔ). 310

Σχήμα 5.58. Παράκτιος κρημνός σε ασβεστολίθους βόρεια της περιοχής Κύμη (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 17/07/2013, προσανατολισμός ΝΑ). 310

Σχήμα 5.59. Χάρτης με τις θέσεις των ελών και του υγροτόπου Αλμυρή της περιοχής μελέτης (υπόβαθρο χάρτη δορυφορική εικόνα Word Imagery του ArcMap). 311

Σχήμα 5.60. Έλη Φλέβα και Αγίου Ταξιάρχη (αριστερά) και λιμνοθάλασσα Αλμυρή (δεξιά) (εικόνα από Google Earth Pro, 2017). 311

Σχήμα 5.61. Τεχνητές λίμνες περιοχής μελέτης από εξορυκτικές δραστηριότητες (υπόβαθρο χάρτη δορυφορική εικόνα Word Imagery του ArcMap). 312

Σχήμα 5.62. Θέσεις λατομείων, λιμενοβραχιόνων και μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας, καθώς και παράκτιων αρχαιολογικών χώρων και βυθισμένων αρχαιολογικών κατασκευών στην περιοχή μελέτης. 313

Σχήμα 5.63. (α) Αλλοίωση αναγλύφου από την κατασκευή δρόμου παράλληλα στη δυτική ακτογραμμή του νησιού-θέση πριν την Αιδηψό, (β) μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας στην περιοχή μεταξύ Δάφνης και Κατούνια και (γ) μονάδα εξόρυξης και διαλογής λευκόλιθου στην περιοχή Προκόπι. 313

Σχήμα 5.64. Μορφοτεκτονικός χάρτης περιοχής μελέτης. 316

Σχήμα 6.1. Ψευδοφωτοσκιασμένο ψηφιακό μοντέλο της ευρύτερης περιοχής μελέτης στο οποίο φαίνονται οι ρηξιγενείς ζώνες (όπως προκύπτουν από τα σχήματα 4.31 έως 4.36) και οι λεκάνες απορροής (Πίνακας 4.23) που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα. 321

Σχήμα 6.2. (α) Εξιδανικευμένο προφίλ κοίλου σχήματος ενός εξισορροπημένου ποταμού και (β) Διάγραμμα του εξιδανικευμένου προφίλ σε ημιλογαριθμική κλίμακα (τροποποιημένα σχήματα από Pérez-Peña et al. (2009c)). 324

Σχήμα 6.3. Σχηματικό διάγραμμα που απεικονίζει το επίμηκες προφίλ (α) μη διαταραγμένου ποταμού –κοίλο προφίλ (unperturbed concave - up)- η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στη μετάβαση από τους κώνους κορημάτων στις ποτάμιες διεργασίες, (β) ποταμού που παρουσιάζει κατακόρυφου βήματος σημείο κάμψης (vertical-step knickpoint) και (γ) ποταμού που παρουσιάζει σημείο κάμψης αλλαγής κλίσης (slope-break knickpoint) (τροποποιημένο από Whipple et al., 2013 και Wobus et al. 2006). 324

Σχήμα 6.4. (α) Σκίτσο στο οποίο φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού της παραμέτρου Er σε ένα προφίλ. A=υψηλότερο σημείο της κοίτης του ποταμού, B: εκβολή του ποταμού και Er: εκφρασμένο ως % της περιοχής OAB (τροποποιημένο από Demoulin, (1998)), (β) Παράδειγμα υπολογισμού του εμδαδού Er στην τομή του δικτύου της λεκάνης απορροής No48 και (γ) Τριγωνα στα οποία φαίνεται με ποιο τρόπο το σχήμα του προφίλ του ποταμού .αντιστοιχεί στις τιμές του δείκτη Sci σε σχέση με το 0 (Zaprowski et al., 2005). 326

Σχήμα 6.5. Τρόπος υπολογισμού του Συντελεστή Εγκάρσιας Τοπογραφικής Συμμετρίας (T) και του προσανατολισμού της κλίσης. Το παράδειγμα αφορά τη λεκάνη No 40 της περιοχής μελέτης 328

Σχήμα 6.6. Ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη μήκους-κλίσης ρέματος (SL). (α) Ο δείκτης SL κατά μήκος του ποταμού (τροποποιημένο από Hack (1973)) και (β) Τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό του δείκτη (τροποποιημένο από Font et al. (2010)). 329

Σχήμα 6.7. Διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) κοιτώντας κατάντη (τροποποιημένο από Keller & Pinter, 2002). 332

Σχήμα 6.8. Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf) (τροποποιημένο από Keller & Pinter, 2002). 335

Σχήμα 6.9. Κανονικοποιημένα επιμήκη προφίλ των κεντρικών ποτάμιων κλάδων ανά ζώνη. (α) Ζώνη Δίρφυος έως την λεκάνη No100, (β) Υπόλοιπο ζώνης Δίρφυος, (γ) Ζώνη Κανδηλίου, (δ) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου και (ε) Ζώνη στενού Ωρεών. 344

Σχήμα 6.10. Σύγκριση τιμών δείκτη Sci για τις κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων των υπό μελέτη λεκανών απορροής κάθε ζώνης. 345

Σχήμα 6.11. Χάρτες του δείκτη ασυμμετρίας των λεκανών απορροής για κάθε μία από τις τέσσερις ζώνες (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση κλίσης και τα μεγέθη τους τη διαφορά του δείκτη από τη φυσική τιμή 50. 348

Σχήμα 6.12. Χάρτες του συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας των λεκανών απορροής κάθε μίας από τις τέσσερις ζώνες (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Τα διανύσματα δείχνουν τη διεύθυνση μετατόπισης και τα μεγέθη τους σχετίζονται με το μέγεθος του συντελεστή. Στα πολικά διαγράμματα οι κύκλοι απεικονίζουν το μέγεθος και τη διεύθυνση κάθε διανύσματος και τα τρίγωνα το μέγεθος και τη διεύθυνση του μέσου διανύσματος για κάθε ζώνη (η περιφέρεια του κύκλου αντιστοιχεί σε συντελεστή 1 και το κέντρο σε 0). 351

Σχήμα 6.13. Η μορφολογία και τα τμήματα Α, Β και Γ στα οποία έχουν χωριστεί οι κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής No82 και No83 (εικόνα από Google Earth Pro, 2017). 355

Σχήμα 6.14. Απόσπασμα χάρτη (λεκάνες απορροής No86-102) στο οποίο φαίνονται τα διαστήματα Δh στο μέσο των οποίων υπολογίστηκε ο δείκτης SL. Από τους δείκτες που υπολογίστηκαν για το σύνολο των διαστημάτων κάθε λεκάνης υπολογίστηκε ο μέσος όρος που αποτελεί τον δείκτη SL του κεντρικού ποτάμιου κλάδου κάθε λεκάνης. 357

Σχήμα 6.15. Διάγραμμα μέσων τιμών δείκτη μήκους-κλίσης ρέματος (SL) για τα κεντρικά ποτάμια κάθε λεκάνη απορροής. 357

Σχήμα 6.16. Ο μέσος όρος του δείκτη μήκους κλίσης ρέματος των κεντρικών κοιτών των υπό μελέτη λεκανών απορροής όλων των ζωνών. 358

Σχήμα 6.17. Ο δείκτης μήκους κλίσης ρέματος των κεντρικών ποταμών των λεκανών απορροής κάθε ζώνης (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1. 359

Σχήμα 6.18. Χάρτης με τις θέσεις των σημείων κάμψης που δεν συσχετίστηκαν με κάποιο ήδη καταγεγραμμένο ρήγμα (σε σύγκριση με το ρηξιγενή ιστό της περιοχής μελέτης – σχήμα 3.33) και έχουν υψηλό δείκτη SL, καθώς και οι σχετικές φωτογραμμωσεις που επιλέχθηκαν από τα σχήματα 3.38α και β και είναι πιθανό να έχουν δημιουργήσει τα σημεία κάμψης αυτά. 360

Σχήμα 6.19. Δύο κανονικοποιημένα εγκάρσια προφίλ κοιλάδων που αντισοιχούν το ένα σε υψηλή και το άλλο σε χαμηλή τιμή δείκτη Vf (κοιλάδες λεκανών No124 και No86 αντίστοιχα). Αναλυτικά οι εγκάρσιες τομές των κοιλάδων των υπό μελέτη δικτύων φαίνονται στο σχήμα Π.13 του παραρτήματος. 362

Σχήμα 6.20. Χωρική κατανομή του δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος των κεντρικών κλάδων των δικτύων των λεκανών απορροής όλων των ζωνών (σχετικά με τον τρόπο ταξινόμησης βλέπε κείμενο). 363

Σχήμα 6.21. Γεωγραφική κατανομή των τιμών του δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) στις κοιλάδες των λεκανών απορροής κάθε ζώνης (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1. 364

Σχήμα 6.22. Συγκεντρωτικά οι υψομετρικές καμπύλες των λεκανών απορροής ανά ζώνη (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών) (αναλυτικά η καμπύλη κάθε λεκάνης φαίνεται στο σχήμα Π. 8). 369

Σχήμα 6.23. Διαγράμματα τιμών (α) λοξότητας και (β) κύρτωσης υψομετρικών καμπυλών για κάθε υπό μελέτη λεκάνη απορροής ανά ζώνη. 370

Σχήμα 6.24. Διάγραμμα τιμών υψομετρικού ολοκληρώματος των λεκανών απορροής σε συνάρτηση των τιμών της μέσης κλίσης τους. Οι αριθμοί αφορούν στην αρίθμηση (No) των λεκανών απορροής ενώ οι λατινικοί χαρακτήρες I, II, III αντιστοιχούν στις ομάδες που δημιουργήθηκαν. Η σκιαγραφημένη ομάδα III αντιστοιχεί σε λεκάνες με υψηλές τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος και κλίσης. 370

Σχήμα 6.25. Χωρική κατανομή δείκτη υψομετρικού ολοκληρώματος των λεκανών απορροής όλων των ζωνών (βλέπε κείμενο για τρόπο ταξινόμησης). 371

Σχήμα 6.26. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής κάθε ζώνης με βάση το υψομετρικό ολοκλήρωμα (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1. 372

Σχήμα 6.27. Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη σχήματος λεκάνης (Bs) των λεκανών απορροής όλων των ζωνών (για τρόπο ταξινόμησης βλέπε κείμενο). 374

Σχήμα 6.28. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής κάθε ζώνης με βάση το δείκτη σχήματος λεκάνης (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται σχήμα 6.1. 375

Σχήμα 6.29. Χωρική κατανομή του δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf). Οι τιμές έχουν αποδοθεί στιςλεκάνες απορροής που αντιστοιχούν σε κάθε ορεογραφικό μέτωπο, προκειμένου να είναι ευδιάκριτη η διαφοροποίηση ανά ζώνες (για τρόπο ταξινόμησης βλέπε κείμενο). 378

Σχήμα 6.30. Θέσεις εγκάρσιων στις κοιλάδες τομών για τον υπολογισμό δείκτη λόγου πλάτους προς ύψος κοιλάδας και θέσεις ορεογραφικών μετώπων στα οποία υπολογίστηκε ο δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1. 379

Σχήμα 6.31. Διάγραμμα τιμών Smf - Vf στο οποίο φαίνονται οι ομάδες που αντιπροσωπεύουν το σχετικό βαθμό τεκτονικής δραστηριότητας, με την τάξη I να είναι η περισσότερο τεκτονικά ενεργή (πορτοκαλί κύκλος). 381

Σχήμα 6.32. Χωρική κατανομή των τριών ομάδων (μετώπων) όπως προέκυψαν από τη σύγκριση των παραμέτρων Smf και Vf (στο χάρτη δε σημειώνονται οι ακραίες τιμές). 382

Σχήμα 6.33. (α) Διάγραμμα τιμών μέσου όρου τεσσάρων σύνθετων δεικτών ανά λεκάνη απορροής (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9). Στο σχήμα σημειώνεται με κόκκινο πλαίσιο η ζώνη πολύ υψηλής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας όπως προέκυψε από ταξινόμηση τιμών με βάση τη μέθοδο φυσικών διακοπών (τέσσερις τάξεις) - η χωρική κατανομή της ταξινόμησης αυτής φαίνεται στον χάρτη (β). 385

Σχήμα 6.34. Διάγραμμα με τους μέσους όρους κάθε σύνθετου δείκτη ανά ζώνη (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9). Η χωρική κατανομή ανά δείκτη φαίνεται στους χάρτες του σχήματος 6.36. 386

Σχήμα 6.35. Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται ο μέσος όρος των σύνθετων δεικτών για κάθε ζώνη, όπως προέκυψε από το μέσο όρο των ταξινομημένων τιμών των λεκανών απορροής τους. Χαμηλότερος μέσος όρος αντιστοιχεί σε υψηλότερη τεκτονική δραστηριότητα (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9). 386

Σχήμα 6.36. Χωρική κατανομή επανα-ταξινομημένων τιμών σύνθετων δεικτών (α-El Hamdouni et al., β-Toudeshki & Arian, γ-Sboras et al., δ-Jayappa et al.). 387

Σχήμα 6.37. Ταξινόμηση (idw) των λεκανών απορροής κάθε ζώνης με βάση την τιμή του μέσου όρου των τεσσάρων σύνθετων δεικτών ανά λεκάνη απορροής (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9 και στο σχήμα 6.33β) (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1. 388

Σχήμα 6.38. Χαρακτηριστικές φωτογραφίες γεωμορφών που υποδηλώνουν τεκτονική ανύψωση στην περιοχή: (α) βορειότερα των εκβολών του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης Νο 65 της ζώνης Κανδηλίου, (β) νοτιότερα των εκβολών του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης Νο82 της ζώνης Δίρφυος, (γ) της λεκάνης

Νο38 της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου και (δ) της λεκάνης Νο173 της ζώνης στενού Ωρεών, οι οποίες ανήκουν βάσει της ταξινόμησης του κεφαλαίου σε θέσεις υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας. 395

Σχήμα 6.39. Εικόνες Google Earth Pro στις οποίες φαίνονται οι κοιλάδες τύπου V των λεκανών απορροής της κατηγορίας (Ι), υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας σύμφωνα με την ταξινόμηση που προέκυψε από την ανάλυση σε τοπική κλίμακα. 396

Σχήμα 6.40. Άποψη: (α) του εντυπωσιακού ασβεστολιθικού ορεογραφικού μετώπου του ρήγματος Κανδηλίου, (β) του ασβεστολιθικού ορεογραφικού μετώπου του ρήγματος Δίρφυος με χαρακτηριστική χαράδρωση και (γ) μετώπου αποτελούμενου από πρασινίτες-παρασινόλιθους της ζώνης Τελέθριου..... 397

Σχήμα 7.1. Διάγραμμα ροής της χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης από την οποία υπολογίστηκε η νεοτεκτονική παραμόρφωση του αναγλύφου (βάσει της μεθοδολογίας των Argyriou et al., 2016) (επάνω - α' μέρος) και του υπολογισμού του σεισμικού δυναμικού των νεοτεκτονικών δομών της περιοχής μελέτης (κάτω - β' μέρος). 402

Σχήμα 7.2. Ο τριγωνικός ασαφής αριθμός Μ (Zhou, 2012). 407

Σχήμα 7.3. Σχέσεις μεταξύ περιόδου επανάληψης, ρυθμού ολίσθησης και μεγέθους σεισμού. Το διάγραμμα υποθέτει πως το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας απελευθερώνεται μέσω της εκδήλωσης σεισμού πάρα από ασεισμική δραστηριότητα και πως η μέση μετατόπιση είναι μισή της μέγιστης (τροποποιημένο από Slemmons & Depolo, 1986). 412

Σχήμα 7.4. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «εύρος αναγλύφου» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 416

Σχήμα 7.5. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «κανονικοποιημένος δείκτης μήκους-κλίσης ρέματος» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 417

Σχήμα 7.6. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 417

Σχήμα 7.7. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «συχνότητα υδρογραφικού δικτύου» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 418

Σχήμα 7.8. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «κλίση» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 418

Σχήμα 7.9. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης (twi)» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 419

Σχήμα 7.10. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «πυκνότητα γραμμώσεων» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 419

Σχήμα 7.11. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «συχνότητα γραμμώσεων» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 420

Σχήμα 7.12. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «λιθολογία» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 420

Σχήμα 7.13. Χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από την ασαφή αναλυτική ιεράρχηση και το σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό εννέα (9) παραγόντων. 424

Σχήμα 7.14. Επανα-ταξινομημένος χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από την ασαφή αναλυτική ιεράρχηση και το σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό εννέα (9) παραγόντων. Στο χάρτη φαίνεται επίσης ο ρηξιγενής ιστός της περιοχής μελέτης. 424

Σχήμα 7.15. Εικόνα Google Earth Pro όπου φαίνεται η θέση που η ρηξιγενής ζώνη Κανδηλίου διαχωρίζεται σε νότιο και βόρειο τμήμα (λευκό βέλος). 427

Σχήμα 7.16. Εικόνα Google Earth Pro που απεικονίζει τη θέση της βόρειας απόληξης του ρήγματος Δίρφυος (λευκό βέλος). 427

Σχήμα 7.17. Συγκριτικός χάρτης της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης, όπως προέκυψε από την ασαφή αναλυτική ιεράρχηση και το σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό εννέα (9) παραγόντων, και της τεκτονικής δραστηριότητας, όπως προέκυψε από την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης του κεφαλαίου 4. 428

Σχήμα 7.18. Τοπογραφικά προφίλ (α-ε) σχεδόν κάθετα στις κύριες ρηξιγενείς ζώνες. Τα διαγράμματα παρουσιαζουν τις τιμές του δείκτη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης (NLDI) και του δείκτη σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας (IRTA) κατά μήκος των τομών (πράσινες γραμμές κατά πλάτος του νησιού στο σχήμα 7.17).429

Σχήμα 7.19. Χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης σε συνδυασμό με τα πολύ πιθανής δραστηριότητας ρήγματα της περιοχής μελέτης. 430

Σχήμα 7.20. Σεισμικό δυναμικό των υπό μελέτη ρηξιγενών ζωνών (μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμικού γεγονότος, ρυθμοί ολίσθησης και περίοδος επανάληψης καθεμιάς για τα υπολογισθέντα μεγέθη). 433

Σχήμα 7.21. (α) Χάρτης υψηλής/πολύ υψηλής τεκτονικής παραμόρφωσης - σημειώνονται οι θέσεις των εικόνων. (β) περιοχή (1): ανερχόμενο τέμαχος Ρ. Ζ. Κανδηλίου, (γ) περιοχή 2: καθρέφτης ρήγματος Α-Δ που τέμνει τη Ρ. Ζ. Κανδηλίου, (δ) περιοχή 3: μικρές λεκάνες απορροής στο έντονο ανάγλυφο της Ρ. Ζ. Τελέθριου, (ε) περιοχή 4: ανερχόμενο τέμαχος Ρ. Ζ. Δίρφυος, (στ) περιοχή 5: ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή στο ανερχόμενο τέμαχος της Ρ. Ζ. Δίρφυος (οι φωτογραφίες ελήφθησαν κατά την έρευνα πεδίου). 438

Σχήματα Παραρτημάτων

Σχήμα Π. 1. Ροδόγραμμα στο οποίο απεικονίζονται (α) οι τάσεις (συχνότητα και πυκνότητα) των τεκτονικών γραμμών (ανά διαστήματα 5°) - βλέπε κείμενο υποκεφάλαιο 2.3 στη σελίδα 68 "λοιπά ρήγματα" από βιβλιογραφικές πηγές, και (β) διεύθυνση επώθησης και πιθανής προέκτασης ρηξιενούς ζώνης Δίρφυος, της περιοχής μελέτης. 493

Σχήμα Π. 2. Ροδόγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι τάσεις (συχνότητα και πυκνότητα) των ρηγμάτων και πιθανών ρηγμάτων (ανά διαστήματα 5°), της περιοχής μελέτης με βάση από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ και τον σεισμοτεκτονικό της Ελλάδας. 494

Σχήμα Π. 3. Ροδόγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι τάσεις (συχνότητα και πυκνότητα) των τεκτονικών γραμμών (ανά διαστήματα 5°), της περιοχής μελέτης με βάση τη ψηφιακή βάση δεδομένων για τα ενεργά ρήγματα της Ελλάδας των Ganas et al. (2013). 495

Σχήμα Π. 4. Ροδογράμματα, σε σκαρίφημα της περιοχής μελέτης, στα οποίο απεικονίζονται οι τάσεις των τεκτονικών γραμμών (ανά διαστήματα 5°) σε τμήματα της περιοχής μελέτης (αριθμημένα τετράγωνα 30 χλμ*30 χλμ). 496

Σχήμα Π. 5. Ροδογράμματα, σε σκαρίφημα της περιοχής μελέτης, στα οποίο απεικονίζονται οι τάσεις φωτογραμμώσεων των εικόνων (α) και (β) (ανά διαστήματα 5°) σε τμήματα της περιοχής μελέτης (αριθμημένα τετράγωνα 30 χλμ*30 χλμ). Τα ροδογράμματα με το πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύουν τις τεκτονικές γραμμές της κάθε περιοχής για ευκολότερη σύγκριση. 497

Σχήμα Π. 6. Ημιλογαριθμικά διαγράμματα αριθμού κλάδων προς την τάξη των κλάδων (Nu-u). 502

Σχήμα Π. 7. Ημιλογαριθμικά διαγράμματα μέσου μήκους κλάδων προς την τάξη των κλάδων (SLu-u). 519

Σχήμα Π. 8. Υψομετρικές καμπύλες λεκανών απορροής (x: σχετικό εμβαδό, y: σχετικό υψόμετρο). Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται η $3^{ης}$ τάξης πολυωνυμική γραμμή τάσης. 537

Σχήμα Π. 9. Θηκογράμματα παραμέτρων - λόγου επιμήκυνσης, λόγου κυκλικότητας, δείκτη μορφής, υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας, υδρογραφικής υφής, υψομετρικού ολοκληρώματος, τοπικού αναγλύφου και λόγου αναγλύφου- για τις ζώνες Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου, Βασιλίνας-Γρεγολίμανου και στενού Ωρεών. 574

Σχήμα Π. 10. Πολικά διαγράμματα μεμονωμένων λεκανών απορροής, ανά ζώνη, οι οποίες αναλύονται σε τοπική κλίμακα. 577

Σχήμα Π. 11. Κανονικοποιημένα προφίλ κεντρικής κοίτης υπό μελέτη υδρογραφικών δικτύων (κανονικοποιημένη απόσταση κατά μήκος του ποταμού από την κορυφή έως την έξοδο – κανονικοποιημένο υψόμετρο σημείων ανά 20 μ). 581

Σχήμα Π. 12. Επιμήκεις τομές κεντρικής κοίτης υδρογραφικών δικτύων υπό μελέτη λεκανών απορροής (απόσταση κατά μήκος του ποταμού έως την έξοδο - υψόμετρο σημείων ανά 20 μ) σε συνδυασμό με το δείκτη μήκους – κλίσης ρέματος (SL) (κόκκινο διάγραμμα - δευτερεύων κατακόρυφος άξονας). 587

Σχήμα Π. 13. Κατά πλάτος τομές των υπό μελέτη υδρογραφικών δικτύων όπου υπολογίστηκε ο δείκτης λόγου πλάτος προς ύψος κοιλάδας. Στο διάγραμμα σημειώνεται επίσης η λιθολογία- ομάδες 1-4 (επάνω κόκκινος δευτερεύων άξονας). 593

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1. Κριτήρια για ταξινόμηση ψηφιδωτών αρχείων σε 4 κατηγορίες με βάση τη θέση στην πλαγιά (μονάδες μέτρησης tpi είναι η τυπική απόκλιση και της κλίσης οι μοίρες) (πίνακας τροποποιημένος από Weiss, 2001). 91

Πίνακας 3.2. Κριτήρια για ταξινόμηση ψηφιδωτών αρχείων σε 6 κατηγορίες με βάση τη θέση στην πλαγιά (μονάδες μέτρησης tpi είναι η τυπική απόκλιση και της κλίσης οι μοίρες) (πίνακας τροποποιημένος από Weiss, 2001). 91

Πίνακας 3.3. Ταξινόμηση γεωμορφών με βάση τις τιμές του δείκτη Tpi και της κλίσης για δύο διαφορετικά μεγέθη γειτονίας (πίνακας τροποποιημένος από Weiss (2001)). 92

Πίνακας 3.4. Κατανομή έκτασης και ποσοστού κάθε υψομετρικής ζώνης στην περιοχή μελέτης. 98

Πίνακας 3.5. Τάξεις κλίσεων, ποσοστά και έκταση που καταλαμβάνουν στην περιοχή μελέτης. 99

Πίνακας 3.6. Τάξεις προσανατολισμού κλίσεων και έκταση που καταλαμβάνουν στην περιοχή μελέτης 100

Πίνακας 3.7. Στατιστική ανάλυση ανά ζώνες (zonal statistics) με τις τιμές των τοπογραφικών χαρακτηριστικών των ψηφιδωτών αρχείων (κλίσης, δείκτη ύγρανσης, ορμητικότητας ρεμάτων, καμπυλότητας κάθετα στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης και υψομέτρου) για κάθε μία από τις δέκα (10) τάξεις στις οποίες κατηγοριοποιήθηκε το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης. 112

Πίνακας 3.8. Σχέσεις μεταξύ χαρακτηριστικών του αναγλύφου και γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης. 113

Πίνακας 4.1. Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου. 146

Πίνακας 4.2. Υπολογιζόμενες παράμετροι υδρογραφικού δικτύου και τύπος / εξίσωση υπολογισμού. 149

Πίνακας 4.3. Μετρούμενες παράμετροι λεκανών απορροής. 151

Πίνακας 4.4. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι λεκανών απορροής, τύποι υπολογισμού τους και ερευνητές που τις πρότειναν. 161

Πίνακας 4.5. Κλίμακα συγκρίσεων ανά ζεύγη (Saaty & Vargas, 1991). 164

Πίνακας 4.6. Πίνακας προτίμησης- συγκρίσεις ανά ζεύγη (στάδιο α). 164

Πίνακας 4.7. Πίνακας τιμών σταδίου β-γ και υπολογισμός συντελεστών βαρύτητας στο τελικό στάδιο δ. 164

Πίνακας 4.8. Τιμές του τυχαίου δείκτη RI ανάλογα με τον αριθμό των παραμέτρων (Saaty, 1980). 165

Πίνακας 4.9. Πίνακας υπολογισμού σταθμισμένου αθροίσματος των διανυσμάτων του πίνακα συγκρίσεων ανά ζεύγη. 165

Πίνακας 4.10. Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τις 17 επιλεγμένες μεταβλητές (μορφομετρικές παραμέτρους). 184

Πίνακας 4.11. Πίνακας συσχέτισης μορφομετρικών παραμέτρων λεκανών απορροής που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγοντική ανάλυση ως μεταβλητές. 185

Πίνακας 4.12. Έλεγχοι KMO για τα δεδομένα των 17 βαθμονομημένων και τυποποιημένων μεταβλητών. ... 186

Πίνακας 4.13. Ιδιαιτερότητες μεταβλητών. 187

Πίνακας 4.14. Συνολική διακύμανση που εξηγείται από το μοντέλο. 188

Πίνακας 4.15. Οι συντελεστές παραγόντων >0,5 για τους 4 παράγοντες που προέκυψαν από την ανάλυση. 189

Πίνακας 4.16. Εκτιμήσεις των παραμέτρων των επεξηγηματικών μεταβλητών. 191

Πίνακας 4.17. Έλεγχος αξιοπιστίας με βάση το συντελεστή Cronbach's Alpha. 191

Πίνακας 4.18. Αποτελέσματα μεθόδου ανάλυσης κατά συστάδες k-means. 196

Πίνακας 4.19. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για την πρώτη συστάδα λεκανών απορροής. 198

Πίνακας 4.20. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για τη δεύτερη συστάδα λεκανών απορροής. 199

Πίνακας 4.21. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για την τρίτη συστάδα λεκανών απορροής. 200

Πίνακας 4.22. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για την τέταρτη συστάδα λεκανών απορροής. 201

Πίνακας 4.23. Λεκάνες απορροής που θα αναλυθούν σε τοπική κλίμακα (λεκάνες απορροής που έχουν δεχτεί υψηλή έως πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα κατά τη διαμόρφωσή τους και είναι 3^{ης} ή μεγαλύτερης τάξης) και οι ζώνες στις οποίες ανήκουν. 222

Πίνακας 5.1. Έκταση και κλίση αλλουβιακών ριπιδίων (η αρίθμηση στηρίζεται στο Νο λεκάνης απορροής του συστήματος). 279

Πίνακας 5.2. Χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, της αλλουβιακής κοιλάδας, της δελταϊκής πεδιάδας και της λεκάνης υποδοχής των δελταϊκών ριπιδίων της περιοχής μελέτης. 281

Πίνακας 6.1. Συνδυασμοί μορφομετρικών δεικτών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας από ερευνητές παγκοσμίως και στον Ελληνικό χώρο (για ονόματα δεικτών βλέπε ακρωνύμια και συντομογραφίες στη σελίδα 21). 338

Πίνακας 6.2. Μελέτες στις οποίες στηρίχθηκε η εφαρμογή των τεσσάρων (4) σύνθετων δεικτών και οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη. 339

Πίνακας 6.3. Ορεογραφικά μέτωπα της περιοχής μελέτης (ανά ζώνη) βάσει των οποίων υπολογίστηκε ο δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (οι θέσεις των μετώπων φαίνοναι στο σχήμα 6.30). Ο πίνακας περιλαμβάνει τις τιμές του δείκτη καθώς και τις λεκάνες απορροής στα κατάντη τμήματα των οποίων ανανπτύσσονται τα μέτωπα. 377

Πίνακας 6.4. Πίνακας με τις υπολογισμένες και τις ταξινομημένες τιμές των μορφοτεκτονικών παραμέτρων κάθε ζώνης. 384

Πίνακας 7.1. Τριγωνική ασαφής κλίμακα που αντιστοιχεί στην γλωσσική κλίμακα σημαντικότητας του Saaty (τροποποιημένο από Zhou, 2012). 407

Πίνακας 7.2. Ασαφής τριγωνικής κλίμακας μετασχηματισμένος πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη, υπολογισμός ασαφούς γεωμετρικού μέσου όρου, υπολογισμός ασαφών συντελεστών βαρύτητας και υπολογισμός πραγματικών και κανονικοποιημένων τιμών συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων. 408

Πίνακας 7.3. Εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού του μεγέθους του σεισμικού δυναμικού (SRL= μήκος επιφανειακής διάρρηξης, L= επιφανειακό μήκος ρήγματος, Ms= επιφανειακό μέγεθος και Mw= το μέγεθος της σεισμικής ροπής). 411

Πίνακας 7.4. Ασαφής τριγωνικής κλίμακας πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη, υπολογισμός ασαφών και σαφών συντελεστών βαρύτητας καθώς και των κανονικοποιημένων τους τιμών και έλεγχος λογικών σφαλμάτων των εννέα παραγόντων. 421

Πίνακας 7.5. Πίνακας ταξινόμησης με τη μέθοδο φυσικών διακοπών των εννέα παραγόντων που θα χρησιμοποιηθούν στην πολυκριτηριακή ανάλυση. 422

Πίνακας 7.6. Αποτελέσματα μέγιστου αναμενόμενου σεισμικού γεγονότος των υπό μελέτη ρηξιγενών ζωνών (επιπλέον παρουσιάζονται οι ακραίες τιμές). Οι ζώνες μελετώνται τόσο για το συνολικό τους μήκος, όσο και για τα επιμέρους τμήματά τους. 431

Πίνακας 7.7. Ρυθμός ολίσθησης των υπό μελέτη ρηξιγενών ζωνών σύμφωνα με ραδιοχρονολογήσεις των Evelpidou et al., 2012 και Stiros et al., 1992. 432

Πίνακες Παραρτημάτων

Πίνακας Π. 1. Ποσοστά συμμετοχής 4 ομάδων γεωλογικών σχηματισμών στις λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης. 491

Πίνακας Π. 2. Ανάλυση κατά συστάδες λεκανών απορροής με βάση το ποσοστό συμμετοχής κάθε γεωλογικού σχηματισμού σε αυτές. 492

Πίνακας Π. 3. Ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης. 498

Πίνακας Π. 4. Τιμές παραμέτρων μετρούμενων και υπολογιζόμενων των λεκανών απορροής και των υδρογραφικών δικτύων της περιοχής μελέτης. 556

Πίνακας Π. 5. Βαθμονομημένες τιμές παραμέτρων. 560

Πίνακας Π. 6. Τυποποιημένες τιμές παραμέτρων (όπως προκύπτουν από τις βαθμονομημένες). 564

Πίνακας Π. 7. Οι τιμές των νέων μεταβλητών (παραγοντικές τιμές)- ίσες σε αριθμό με τις παραμέτρους-F1, F2, F3, F4 - και οι βαθμονομημένες τους τιμές R_F1, R_F2, R_F3 και R_F4. 568

Πίνακας Π. 8. Πίνακας βαρών και ιεράρχησης μετά τη διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχησης. 570

Πίνακας Π. 9. Τιμές σύνθετων δεικτών όπως προέκυψαν από τις ταξινομημένες τιμές του πίνακα 6.4 και μέσοι όροι αυτών ανά λεκάνη απορροής και ανά ζώνη. 599

Ακρωνύμια και συντομογραφίες

A	Drainage basin area-Εμβαδό λεκάνης απορροής
Af	Asymmetry factor-Δείκτης ασυμμετρίας
AHP	Analytical Hierarchy Process-Αναλυτική ιεραρχική διαδικασία
AMS	Accelerator Mass Spectrometry-Φασματοσκοπία μάζας με επιταχυντή σωματιδίων
Ar	Area on the right of the main stream-Δεξιό τμήμα λεκάνης απορροής κοιτώντας κατάντη
BP	Before Present-Πριν από σήμερα
Bs	Basin shape-Δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής
Cc	Compactness coefficient-Δείκτης συγκέντρωσης
Cf	Concavity factor-Δείκτης καμπυλότητας
CGMW	Commission for the Geological Map of the World-Επιτροπή για τον παγκόσμιο γεωλογικό χάρτη
Cmax	Maximum concavity-Μέγιστη κοιλότητα
Cti	Compound topographic index-Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης
DEM	Digital Elevation Model-Ψηφιακό μοντέλο εδάφους
Ds or D	Drainage Density-Υδρογραφική πυκνότητα
DSHA	Deterministic Seismic Hazard Analysis-Αιτιοκρατική μέθοδος ανάλυσης σεισμικού κινδύνου
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAHP	Fuzzy Analytical Hierarchy Process–Ασαφής αναλυτική ιεραρχική διαδικασία
FD	Fractal dimension-Μορφοκλασματική διάσταση
Ff	Form factor-Δείκτης μορφής
Fs	Drainage Frequency-Υδρογραφική συχνότητα
F%	Percentage of faceting along mountain front-Δείκτης τριγωνικών γεωμορφών
Gis	Geographical Information Systems-Γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα
GPS	Global Positioning System-Παγκόσμιο σύστημα στιγματοθέτησης
Hc	Hypsometric curve-Υψομετρική καμπύλη
Hi	Hypsometric integral-Υψομετρικό ολοκλήρωμα
Idw	Inverse distance weighting-Στάθμιση αντίστροφης απόστασης
Ka	Kilo-annum-Χιλιάδες χρόνια πριν από σήμερα
Kc	Plan curvature-Καμπυλότητα κάθετα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης
KMO test	Kaiser-Meyer-Olkin test

Kp	Profile curvature-Καμπυλότητα παράλληλα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης
Ks	Steepness index-Δείκτης κλίσης ρέματος
Ksn	Normalized steepness index-Κανονικοποιημένος δείκτης κλίσης ρέματος
Lb	Drainage basin length-Μήκος λεκάνης απορροής
M	Melton ruggedness number-Αριθμός τραχύτητας του Melton
MCDA	Multicriteria Decision Analysis-Πολυκριτηριακή ανάλυση
ML	Local magnitude -Τοπικό μέγεθος σεισμού
Ms	Surface magnitude-Επιφανειακό μέγεθος σεισμού
Mw	Moment magnitude-Μέγεθος σεισμικής ροπής
Nu	Total number of streams-Αριθμός κλάδων
P	Drainage Basin perimeter-Περίμετρος λεκάνης απορροής
PGA	Peak Ground Acceleration-Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Analysis- Πιθανολογική μέθοδος ανάλυσης σεισμικού κινδύνου
Rb	Bifurcation ratio-Συντελεστής διακλάδωσης
Rc	Circulation ratio-Λόγος κυκλικότητας
RGB	Red-Green-Blue combination
Rh	Relief ratio-Λόγος αναγλύφου
Re	Elongation ratio-Λόγος επιμήκυνσης
RL	Stream length index-Συντελεστής μήκους
Sb	Drainage basin slope-Κλίση λεκάνης απορροής
Sci	Stream Concavity Index-Δείκτης καμπυλότητας ποταμού
SI	Sinuosity index (of river channel)-Συντελεστής μαιανδρισμού
SD	Standard Deviation-Τυπική απόκλιση
SL	Stream length-gradient index-Δείκτης μήκους κλίσης ρέματος
SLk	SL index normalized with graded river gradient (k)-Κανονικοποιημένος Δείκτης μήκους κλίσης ρέματος
SLu	Total stream length-Μήκος κλάδων υδρογραφικού δικτύου
Smf	Mountain front sinuosity-Δείκτης δαντέλωσης στους πρόποδες των ορεινών όγκων ή δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου
Spi	Stream power index-Δείκτης ορμητικότητας ρέματος
(T)	Texture ratio-Λόγος υδρογραφικής υφής
T	Transverse topographic symmetry factor-Δείκτης εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας
TFN	Triangular Fuzzy Number-Τριγωνικός αριθμός
Tpi	Topographic Position Index Τοπογραφικός δείκτης εντοπισμού

Twi	Topographic wetness index-Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης
Vf	Valley height-width ratio-Δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος
Vp	P-wave seismic velocity-Ταχύτητα επιμήκων σεισμικών κυμάτων
WLC	Weighted linear combination-Σταθμισμένος γραμμικός συνδυασμός
Wb	Drainage basin width-Πλάτος λεκάνης απορροής
WMS	Web Mapping Service-Υπηρεσία ιστού χάρτη
WWF	World Wildlife Fund-Παγκόσμιο ταμείο για τη φύση

ΓΥΣ	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
Δl/L	Απόσταση μέγιστης κοιλότητας από τις πηγές του ποταμού
ΕΑΚ	Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός
Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε.	Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.
ΕΓΣΑ 87	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987
ΕΛΙΑ	Ελληνικό Λογοτεχνικό και Ιστορικό Αρχείο
ϑ	Δείκτης κοιλότητας «θ»
ΙΓΜΕ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
Μ.Ο.	Μέσος Όρος
ΜΔΕΤ	Μορφομετρικοί Δείκτες Ενεργού Τεκτονικής
ΜΣΘ	Μέση Στάθμη Θάλασσας
ΟΑΣΠ	Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας
ΣΓΠ	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών
φ.	Φύλλο Χάρτη
ΧΠΚΑ	Χωρική Πολυκριτηριακή Ανάλυση
ΨΜΕ	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

Κεφάλαιο 1.

Εισαγωγικά στοιχεία

1.1 Εισαγωγή
1.1.1 Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης
1.1.2 Σκοπός της διατριβής και επιμέρους στόχοι
1.1.3 Οργάνωση και δομή της διατριβής
1.1.4 Δεδομένα και εργαλεία
1.2 Βασικές έννοιες
1.2.1 Σεισμοί και ρήγματα
1.2.2 Γεωμορφολογία
1.2.3 Τεκτονική, ενεργός τεκτονική, νεοτεκτονική
1.2.4 Γεωμορφολογικοί δείκτες νεοτεκτονικής - Απόκριση αναγλύφου
1.2.5 Φυσικές καταστροφές και ενεργές τεκτονικά ζώνες
1.2.6 Εκτίμηση Σεισμικού Κινδύνου

1.1 Εισαγωγή

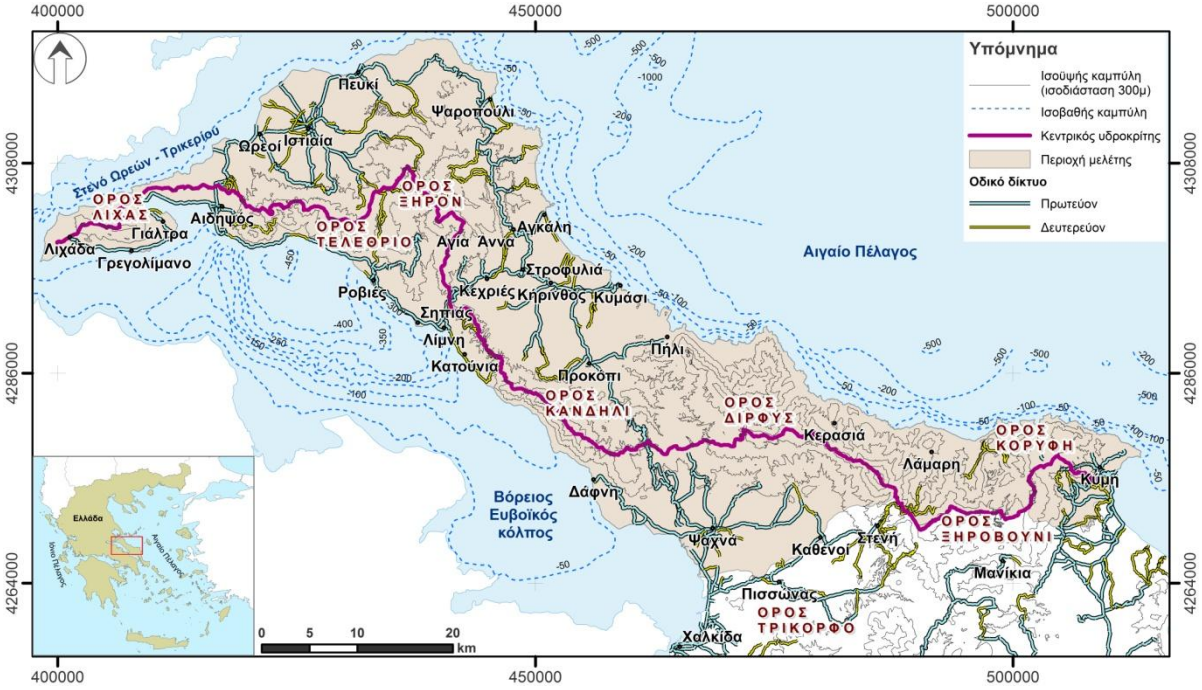
1.1.1 Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης

Στην παρούσα διατριβή μελετάται το βόρειο τμήμα (1842,3 χλμ^2) της νήσου Εύβοιας η οποία βρίσκεται ανατολικά της Αττικής και διοικητικά υπάγεται στη Στερεά Ελλάδα (Σχήμα 1.1). Η Εύβοια είναι το δεύτερο μεγαλύτερο σε έκταση νησί της Ελλάδας (3654,53 χλμ^2) και το τρίτο μεγαλύτερο της ανατολικής Μεσογείου. Έχει επίμηκες σχήμα με μέγιστο άξονα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και ουσιαστικά είναι μια στενή λωρίδα χέρσου μεταξύ του Αιγαίου πελάγους στα ανατολικά (πλησίον της τεκτονικής τάφρου του βόρειου Αιγαίου ηλικίας Τεταρτογενούς) και του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου, ο οποίος αποτελεί μια τεκτονική τάφρο ηλικίας Τεταρτογενούς, στα δυτικά. Στα βόρεια το στενό Ωρεών-Τρικερίου χωρίζει την Εύβοια από τη Θεσσαλία και την ηπειρωτική Στερεά Ελλάδα και ενώνει τον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο με το κεντρικό-δυτικό Αιγαίο πέλαγος. Πρωτεύουσα του νομού είναι η Χαλκίδα η οποία βρίσκεται νότια της περιοχής μελέτης. Το ανατολικότερο σημείο της περιοχής μελέτης είναι η Κύμη, το βορειότερο το Πευκί και το δυτικότερο η Λιχάδα. Το κυριότερο φυσικογεωγραφικό χαρακτηριστικό της περιοχής μελέτης είναι το όρος Δίρφυς με μέγιστο υψόμετρο (1736,8 μ). Η κορυφογραμμή της Δίρφυς και των μικρότερων ορέων Κανδήλι, Ξηρόν, Τελέθριο και Λιχάς σκιαγραφούν τον κεντρικό υδροκρίτη ο οποίος διαιρεί τη βόρεια Εύβοια σε δύο τμήματα. Ανάμεσα στους ορεινούς όγκους έχουν διαμορφωθεί οι Νεογενείς λεκάνες Ιστιαίας-Ωρεών και Νηλέα (μεταξύ των περιοχών Ωρεοί και Προκόπι) και η λεκάνη Πάλιουρας-Γίδες (ΒΔ της περιοχής Καθενοί) (Σχήμα 1.1).

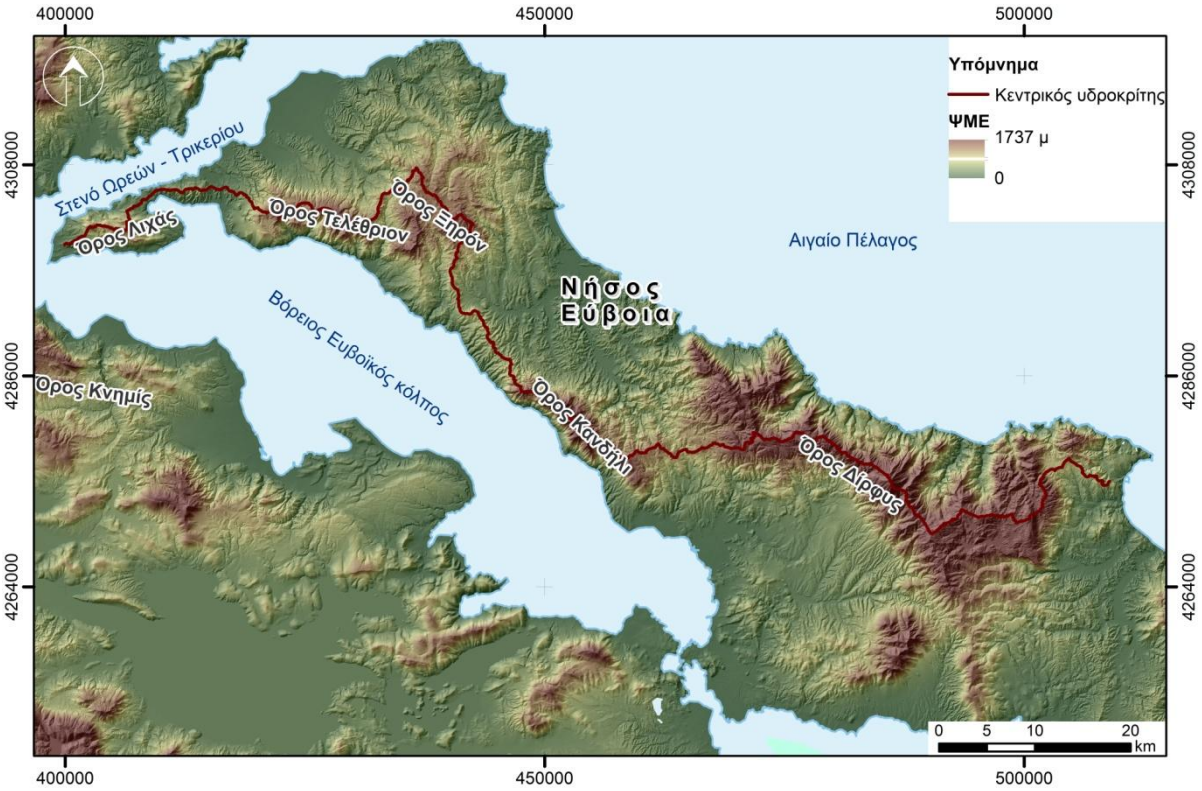
Η τοπογραφία της περιοχής μελέτης μπορεί να περιγραφεί σαν μια συνεχής διαδοχή ορεινών όγκων και πεδινών εκτάσεων χαμηλού υψόμετρου όπως φαίνεται στο χάρτη του αναγλύφου της περιοχής μελέτης (Σχήμα 1.2).

Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη και τη διαμόρφωση των μορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής έχει ο βόρειος Ευβοϊκός κόλπος που μαζί με τον Κορινθιακό είναι οι δύο περισσότερο ενεργές ρηξιγενείς νεοτεκτονικές δομές της Ελλάδας (Goldsworthy et al., 2002) και έχουν συγκρίσιμη ηλικία (Armijo et al., 1996). Στην ευρύτερη περιοχή (Στερεά Ελλάδα) επικρατεί εφελκυσμός και όπως αναφέρουν οι Roberts και Jackson (1991), η ανάπτυξη των

υδρογραφικών δικτύων ελέγχεται από τις ρηξιγενείς ζώνες αλλά και από τη λιθολογία των ανυψούμενων τεμαχών των κανονικών τους ρηγμάτων.



Σχήμα 1.1. Τοπογραφικός χάρτης ισοδιάστασης 300 μ της ευρύτερης περιοχής μελέτης.



Σχήμα 1.2. Σκιασμένο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

1.1.2 Σκοπός της διατριβής και επιμέρους στόχοι

Το αντικείμενο της παρούσας διατριβής είναι η γεωμορφολογική και μορφοτεκτονική μελέτη της βόρειας Εύβοιας και ο βασικός σκοπός της είναι η ανάλυση της επίδρασης των νεοτεκτονικών δομών (κατανόηση του ρόλου τους) στη διαμόρφωση του σημερινού αναγλύφου της περιοχής μελέτης. Κύριο στόχο αποτελεί ο εντοπισμός νέων στοιχείων τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στον προσδιορισμό του σεισμικού δυναμικού των ρηξιγενών δομών.

Οι επιμέρους στόχοι της έρευνας περιλαμβάνουν τον εντοπισμό ζωνών πιθανής νεοτεκτονικής δραστηριότητας μέσω της ποσοτικής ανάλυσης των υδρογραφικών συστημάτων σε περιφερειακή και τοπική κλίμακα, καθώς και την άντληση στοιχείων για το χαρακτηρισμό των νεοτεκτονικών δομών μέσω της τοπογραφικής ανάλυσης. Επιπλέον στόχους αποτελούν η γεωμορφολογική μελέτη της βόρειας Εύβοιας, η διερεύνηση της εξέλιξης του αναγλύφου της υπό την επίδραση των ρηξιγενών ζωνών που την «οριοθετούν» και ο προσδιορισμός της νεοτεκτονικής δραστηριότητας του βόρειου και κεντρικού τμήματος του νησιού καταγράφοντας και αξιολογώντας τα γεωμορφολογικά του χαρακτηριστικά με τη χρήση εργαλείων γεωπληροφορικής. Με τον τρόπο αυτό θα εκτιμηθεί η χωρική/γεωγραφική κατανομή της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας στην Εύβοια, η οποία οριοθετείται από ρήγματα τα οποία φαίνεται πως έχουν ένα δυναμικό να προκαλέσουν καταστροφικούς σεισμούς. Επιπλέον θα υπολογιστεί η σχετική νεοτεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή, και θα κατασκευαστούν ο νεοτεκτονικός και μορφοτεκτονικός χάρτης, οι οποίοι μεταξύ άλλων θα αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο για τον εντοπισμό περιοχών υψηλού σεισμοτεκτονικού κινδύνου. Η σχεδίαση των χαρτών αυτών ενδέχεται να οδηγήσουν στον εντοπισμό ζωνών πιθανών μελλοντικών σεισμικών διαρρήξεων. Η μεθοδολογία αυτή είναι χρήσιμη σε περιοχές φτωχά χαρτογραφημένες και χωρίς καλά καταγεγραμμένη σεισμικότητα και μπορεί να ενταχθεί στα πλαίσια ενός γενικότερου σχεδιασμού μετρίασης των αρνητικών συνεπειών από ένα σεισμικό γεγονός. Σημαντική είναι και η διαχειριστική αξία της εφαρμογής της στο πλαίσιο της προσπάθειας ασφαλούς οικιστικής ανάπτυξης.

Για την επίτευξη των στόχων της διατριβής, θα αποδελτιωθεί η βιβλιογραφία η οποία αφορά έρευνες σχετικές με τη γεωλογία, γεωμορφολογία και νεοτεκτονική της περιοχής, θα

πραγματοποιηθούν επί τόπου υπαίθριες παρατηρήσεις σε περιοχές ιδιαίτερου γεωμορφολογικού ενδιαφέροντος και θα αξιοποιηθούν οι δυνατότητες που προσφέρουν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) καθώς και τα εργαλεία της στατιστικής, σε συνδυασμό με τον υπολογισμό απλών αλλά και σύνθετων μορφοτεκτονικών δεικτών και με μεθόδους έρευνας όπως η πολυκριτηριακή ανάλυση.

Προκειμένου να εξεταστούν τα ανωτέρω ζητήματα, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν και στα οποία η παρούσα διδακτορική διατριβή επιδιώκει να απαντήσει έχουν ως εξής:

1) *Ποια είναι τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας;*
2) *Πώς ταξινομείται το ανάγλυφο; Είναι εμφανής η επίδραση της τεκτονικής σε αυτό;*
3) *Εντοπίζονται συγκεκριμένες ζώνες υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας;*
4) *Σε ποιες περιοχές η νεοτεκτονική παραμόρφωση είναι μεγαλύτερη;*
5) *Ποιες ρηξιγενείς δομές της βόρειας Εύβοιας αξιολογούνται ως πολύ πιθανής δραστηριότητας βάσει γεωμορφολογικών κριτηρίων;*
6) *Μπορούν να τμηματοποιηθούν οι μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες που περιβάλλουν τη βόρεια Εύβοια βάσει αναλύσεων που λαμβάνουν υπόψη λιθολογικά, τοπογραφικά και γεωμορφολογικά κριτήρια;*
7) *Ποιο είναι το σεισμικό δυναμικό των ρηξιγενών ζωνών βάσει εμπειρικών σχέσεων;*

Συνοψίζοντας, η συμβολή της παρούσας διατριβής έγκειται στα ακόλουθα:

1. δημιουργία μιας βάσης ψηφιακών δεδομένων με τοπογραφικά, γεωλογικά, γεωμορφολογικά, γεωγραφικά, τεκτονικά και άλλα δεδομένα για την περιοχή της βόρειας Εύβοιας η οποία μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο βοήθημα για την κοινωνία ή για περαιτέρω μελέτες,
2. τοπογραφική ανάλυση της βόρειας Εύβοιας με διάφορες μεθοδολογίες με στόχο την ταξινόμηση του αναγλύφου σε μορφολογικές ενότητες,
3. παρουσίαση των μεθόδων οι οποίες εφαρμόστηκαν για την ταξινόμηση και ομαδοποίηση των λεκανών απορροής ως προς την τεκτονική δραστηριότητα που έχουν δεχτεί κατά τη διαμόρφωσή τους (δημιουργία νέου δείκτη πέραν της εφαρμογής παραγοντικής ανάλυσης/αναλυτικής ιεράρχησης),

4. καθορισμός σε περιφερειακή κλίμακα, για το σύνολο των λεκανών απορροής, ζωνών υψηλής έως πολύ υψηλής σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας της περιοχής μελέτης,
5. γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης με έμφαση στην αναγνώριση γεωμορφών οι οποίες σχετίζονται με την τεκτονική δραστηριότητα,
6. καθορισμός σε τοπική κλίμακα της χωρικής μεταβλητότητας της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας (μόνο για τις λεκάνες απορροής των ανυψούμενων τεμαχών των ρηξιγενών ζωνών που καθορίστηκαν από την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα),
7. υπολογισμός της δραστηριότητας των τοπικών νεοτεκτονικών δομών και σχεδίαση του χάρτη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής (ταξινόμηση των ζωνών βάσει τεκτονικής παραμόρφωσης όπως εκτιμήθηκε μέσω ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας και σταθμισμένου γραμμικού συνδυασμού εννέα (9) παραγόντων),
8. σύγκριση της υπολογισθείσας νεοτεκτονικής παραμόρφωσης με τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή και τοπική κλίμακα και οριοθέτηση/χαρτογράφηση των επιμέρους τμημάτων των κύριων ρηξιγενών ζωνών,
9. επιπλέον συναξιολόγηση των αποτελεσμάτων με τις θέσεις ύπαρξης χαρακτηριστικών γεωμορφών, ταξινόμηση συγκεκριμένων ρηγμάτων ως πολύ πιθανής δραστηριότητας και κατασκευή του νεοτεκτονικού χάρτη της βόρειας Εύβοιας,
10. απάντηση στο ερώτημα ποια ρηξιγενής ζώνη/τμήμα της περιοχής μελέτης συνδέεται με την υψηλότερη τεκτονική δραστηριότητα και παραμόρφωση,
11. εκτίμηση του σεισμικού δυναμικού των ρηγμάτων της περιοχής μελέτης μέσω εμπειρικών σχέσεων.

1.1.3 Οργάνωση και δομή της διατριβής

Η παρούσα εργασία διαμορφώνεται σε 8 κεφάλαια (ακολουθούμενα από βιβλιογραφία, παραρτήματα και ευρετήριο). Το παρόν 1^{ο} κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή και την ανάλυση των βασικών εννοιών, οι οποίες σχετίζονται με το αντικείμενο.

Το 2^{ο} κεφάλαιο περιλαμβάνει στοιχεία τα οποία αφορούν το γεωδυναμικό καθεστώς και τη σεισμικότητα της Ελλάδας εστιάζοντας στη συνέχεια στο γεωλογικό (λιθοστρωματογραφία και

τεκτονική) και σεισμικό καθεστώς της περιοχής μελέτης. Αναφέρονται επίσης στοιχεία που αφορούν το βόρειο Ευβοϊκό κόλπο.

Το κεφάλαιο 3 αφορά στην τοπογραφική μελέτη μέσω της ανάλυσης του ΨΜΕ και των τοπογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Επιπλέον περιλαμβάνει την ταξινόμηση του αναγλύφου μέσω τεχνικών ΣΓΠ και τέλος αναλύονται τα γραμμικά στοιχεία και οι ασυνέχειες της περιοχής μελέτης ως ενδεχόμενες ρηξιγενείς δομές.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύονται και συγκρίνονται τα υδρογραφικά δίκτυα σε περιφερειακή κλίμακα. Περιγράφονται και υπολογίζονται ποσοτικοί γεωμορφολογικοί δείκτες με στόχο τον εντοπισμό των ζωνών της υψηλότερης τεκτονικής δραστηριότητας οι οποίες θα μελετηθούν στη συνέχεια σε τοπική κλίμακα. Ορισμένες από τις υπολογιζόμενες μορφομετρικές παραμέτρους ενσωματώνονται στην πολυκριτηριακή ανάλυση η οποία εφαρμόζεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Στο 5^{ο} κεφάλαιο μελετάται η γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης, εντοπίζονται οι χαρακτηριστικές γεωμορφές και ερμηνεύεται η δημιουργίας τους. Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης συναξιολογούνται και συζητούνται στη βάση των ευρημάτων άλλων κεφαλαίων. Η γεωμορφολογική μελέτη οδηγεί στον εντοπισμό γεωμορφών (στοιχείων της μορφολογίας) οι οποίες φανερώνουν την επίδραση της ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας και από αυτήν κατασκευάζεται ο μορφοτεκτονικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

Στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται ποσοτικοί μορφοτεκτονικοί δείκτες, τόσο απλοί όσο και σύνθετοι, και υπολογίζονται σε επιμέρους τμήματα της περιοχής μελέτης με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι περιοχές αυτές βρίσκονται κυρίως πίσω από κάθε ρηξιγενή ζώνη. Η εκτίμηση των δεικτών οδήγησε στον προσδιορισμό σε τοπικό επίπεδο του βαθμού της νεοτεκτονικής δραστηριότητας. Επιχειρείται η σύνδεση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών με τις κύριες τεκτονικές δομές.

Στο κεφάλαιο 7 γίνεται αρχικά μια χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση στην οποία ενσωματώνονται ως παράγοντες στοιχεία των προηγούμενων κεφαλαίων 2, 3 και 4 καθώς και νέα, ώστε να σχεδιαστεί ο χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης, ο οποίος συν-αξιολογείται με τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή και τοπική

κλίμακα καθώς και με τα αποτελέσματα της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης. Ακολούθως υπολογίζεται το σεισμικό δυναμικό των ρηγμάτων.

Στο καταληκτικό 8^{ο} κεφάλαιο γίνεται σύνθεση των αποτελεσμάτων των επιμέρους κεφαλαίων και προκύπτει ο νεοτεκτονικός χάρτης. Εκτός των αποτελεσμάτων σε σχέση με το σκοπό και τους στόχους της έρευνας αποτυπώνονται επίσης οι περιορισμοί και ακολουθεί η πιθανή μελλοντική συνέχιση της έρευνας στην περιοχή.

Τα σχήματα της διατριβής, εκτός όσων αναφέρεται η πηγή τους, είναι της συγγραφέα.

1.1.4 Δεδομένα και εργαλεία

Οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις εκτίμησης των μορφομετρικών παραμέτρων των υδρογραφικών δικτύων και των αντίστοιχων λεκανών τους απορροής, καθώς και συσχέτισής τους με την τεκτονική δραστηριότητα μιας περιοχής, βασίζονται στην επεξεργασία μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων σε περιβάλλον Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριακών. Για το σκοπό της διατριβής ήταν απαραίτητα η αποτύπωση της περιοχής μελέτης ψηφιακά, οπότε σχεδιάστηκε και οργανώθηκε μια ψηφιακή βάση χωρικών δεδομένων για τη βόρεια Εύβοια.

Εκτός από δημοσιευμένες εργασίες και άρθρα που αφορούν τη γεωλογία, γεωμορφολογία και σεισμοτεκτονική της ευρύτερης περιοχής μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν και αρκετές διδακτορικές διατριβές οι οποίες έχουν κατά καιρούς εκπονηθεί στην περιοχή μελέτης, όπως: Παπαγιανοπούλου (1971); Vedder (1978); Σιδέρης (1986); Μέττος (1992); Clarke (1996); Γαλανάκης (1997); Hosa (2009); Βουτσής (2011); Κανελλόπουλος (2011). Επίσης, οι διδακτορικές διατριβές των Βασιλάκη (2006); Pérez Peña (2009) και Argyriou (2012) ήταν ιδιαίτερα χρήσιμες σε ό,τι αφορά στοιχεία της μεθοδολογίας.

Ιδιαίτερα σημαντική πηγή για τα ρήγματα της περιοχής και τα χαρακτηριστικά τους αποτέλεσε η ψηφιακή βάση δεδομένων για τα ενεργά ρήγματα της Ελλάδας των Ganas et al. (2013) η οποία είναι διαθέσιμη στην ιστοσελίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (2017). Πολύ χρήσιμη αποδείχθηκε επίσης η ιστοσελίδα του Cooley (2015) σε ό,τι αφορά την αξιοποίηση των ΣΓΠ στη γεωμορφολογία αλλά και στην εύρεση εργαλείων και κατάλληλων μεθοδολογιών για τη γεωμορφολογική ανάλυση.

Σε αρκετές περιπτώσεις για τις χαρτογραφικές απεικονίσεις, χρησιμοποιήθηκε το υπόβαθρο (basemap) Word Imagery της ESRI, το οποίο παρέχει δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες υψηλής ανάλυσης (TerraColor και SPOT Imagery). Επίσης, για τους σκοπούς της διατριβής χρησιμοποιήθηκε το Google Earth Pro καθώς και η υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών της ιστοσελίδας του Ελληνικού Κτηματολογίου ή η θέαση ορθοφωτογραφιών με ενσωμάτωση στο Google Earth μέσω WMS.

Πηγή δεδομένων

Τα αρχικά δεδομένα συλλέχθηκαν από μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, από τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50000 (ισοδιάσταση 20 μ) και τοπογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000 (ισοδιάσταση 4 μ) της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) καθώς και από γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50000 από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ). Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ) με μέγεθος κελιού 5 μ*5 μ τα οποία χορηγήθηκαν από την Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε. (Copyright ©2012, National Cadastre and Mapping agency S.A.) Όλα τα παραπάνω είναι ψηφιδωτά δεδομένα, αποτελούνται από κελιά και κάθε κελί περιέχει μια τιμή. Ανάλογα με την ανάλυση, δηλαδή ανάλογα με τη διακριτική ικανότητα, τα κελιά αντιστοιχούν σε πραγματικές μονάδες (μέτρα στην επιφάνεια) και είναι δυνατόν να υπάρχει μεγάλη λεπτομέρεια ή όχι.

Οι χάρτες γεωαναφέρθηκαν σε κοινό χαρτογραφικό σύστημα συντεταγμένων (ΕΓΣΑ'87) και κατόπιν με ψηφιοποίηση δημιουργήθηκαν τα πρωτογενή θεματικά επίπεδα πληροφοριών των ισοϋψών καμπυλών, των υψομετρικών σημείων, των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων, των λεκανών απορροής, των γεωλογικών σχηματισμών και των ρηξιγενών ζωνών σε διανυσματική μορφή. Η επεξεργασία των θεματικών αυτών επιπέδων σε περιβάλλον ΣΓΠ οδήγησε στη δημιουργία δευτερογενών επιπέδων όπως είναι για παράδειγμα το ΨΜΕ, ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου κ.ά. Τέλος τα χωρικά δεδομένα της γεωβάσης παρουσιάστηκαν σε νέους παραγόμενους χάρτες μεμονωμένα ή συνδυαστικά .

Αναλυτικά, ως τοπογραφικό υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκαν τα εξής φύλλα χάρτη κλίμακας 1:50000 της ΓΥΣ: φ. Αργαλαστή, Ιστιαία, Κύμη, Λάρυμνα, Λίμνη, Πελασγία, Πήλιον, Σκιάθος, Στενή - Δίρφυος, Ψαχνά. Ως γεωλογικό υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκαν τα εξής φύλλα χάρτη κλίμακας 1:50000 του ΙΓΜΕ: φ. Ιστιαία, Κύμη, Λάρυμνα, Λίμνη, Πελασγία-Μύλοι, Στενή - Δίρφυος, Ψαχνά-Πήλιον. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ο σεισμοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας

κλίμακας 1:500000 χρονολογίας 1989 του ΟΑΣΠ. Οι αεροφωτογραφίες που μελετήθηκαν ως εικόνες υποβάθρου ήταν χρονολογίας 1996 και κλίμακας 1:33000 της ΓΥΣ.

Αναφορικά με τη χρήση των αεροφωτογραφιών και των ΨΜΕ, δημιουργήθηκαν ενιαίες εικόνες (μωσαϊκά) μετά την αρχική επεξεργασία τους (γεωαναφορά κτλ.).

Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν ιστορικοί χάρτες που ελήφθησαν από το Ελληνικό Λαογραφικό και Ιστορικό Αρχείο (ΕΛΙΑ) της Εύβοιας ετών 1852, 1884 και 1929: α) Χάρτης βόρειας Εύβοιας του 1852, ο οποίος εκδόθηκε από τα γραφεία χαρτογράφησης και αρχείων στρατιωτικού ενδιαφέροντος από τον γαλλικό στρατό (Dépôt de la Guerre) και σχεδιάστηκε από τον Erhard, β) Χάρτης βόρειας Εύβοιας του 1884, από τους Μ. Γρενβίχης και Μ. Παριοίων και γ) Χάρτης Εύβοιας και Σκύρου του 1929, κλίμακας 1:200000, ο οποίος σχεδιάστηκε από τον Υπολοχαγό του Μηχανικού Χείλαρη Σταύρο.

Όλα τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο αυτή, εισήχθησαν σε περιβάλλον ΣΓΠ με σκοπό τη δημιουργία χρήσιμης πληροφορίας, δηλαδή μέσω ενός συνόλου διεργασιών να καταχωρηθούν (συλλογή, αποθήκευση, διαχείριση) και να αναλυθούν οι γεωγραφικές πληροφορίες και να απεικονιστούν χωρικά τα αποτελέσματα.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

Η οργάνωση της ψηφιακής χωρικής βάσης δεδομένων, οι υπολογισμοί των μορφομετρικών παραμέτρων των λεκανών απορροής καθώς και η δημιουργία των χαρτών της εργασίας, πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS 10.0 της ESRI με χρήση αρκετών επεκτάσεων. Εκτός του 3D Analyst και του Spatial Analyst, πολύ χρήσιμες εργαλειοθήκες ήταν οι: TerEx για τον εντοπισμό πιθανών επιφανειών αναβαθμίδων, Knickpoint finder για τον εντοπισμό σημείων κάμψης, Land Facet Corridor Designer για τον υπολογισμό του δείκτη Tpi και Polar Plots 10 για τη δημιουργία ροδογραμμάτων (η περιγραφή έκαστης επέκτασης και οι πηγές παρατίθενται στο υποκεφάλαιο της μεθοδολογίας του κεφαλαίου όπου χρησιμοποιείται).

Άλλα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν επικουρικά ήταν το MapInfo Professional 10.0 για τη διαχείριση και μετατροπή ορισμένων αρχείων, το CoordsGR (Συγγρός, 2004) για τη μετατροπή των συντεταγμένων, τα Corel Draw X8 και Corel Photo Paint X8 για την επεξεργασία εικόνων, το Xmind 8 για τη δημιουργία διαγραμμάτων ροής, PCI Geomatica για την εξαγωγή

φωτογραμμώσεων και το IBM SPSS Statistics 24 για τις στατιστικές αναλύσεις. Επιπλέον πολύ χρήσιμη εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε ήταν το T-Vector για τον υπολογισμό του συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας.

Η υπαίθρια χαρτογράφηση έγινε με τη χρήση του GPS-Garmin e - TREX με ακρίβεια έως 4 μέτρα στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87.

1.2 Βασικές έννοιες

1.2.1 Σεισμοί και ρήγματα

Η Γή είναι ένα δυναμικό εξελισσόμενο σύστημα και οι σεισμοί αποτελούν φυσική συνέπεια των δυναμικών διεργασιών. Όταν οι τιμές τάσεις στο εσωτερικό της γης υπερβούν την αντοχή των πετρωμάτων, προκαλείται διάρρηξη αυτών- το πέτρωμα σπάει και δημιουργείται ένα ρήγμα - η ενέργεια απελευθερώνεται με τη μορφή σεισμού και τα ρήγματα μετατρέπονται σε σεισμικές πηγές (Keller & Pinter, 2002).

Τα ρήγματα είναι διαρρήξεις κατά μήκος των οποίων το πέτρωμα έχει μετακινηθεί, το ένα τέμαχος σε σχέση με το άλλο, και μπορούν να χαρτογραφηθούν με γεωλογικές, γεωφυσικές, τοπογραφικές τεχνικές καθώς και με τεχνικές τηλεπισκόπισης (Slemmons & Depolo, 1986). Μια ρηξιγενής ζώνη είναι ένα σύνολο σχετιζόμενων ιχνών ρηγμάτων τα οποία είναι παράλληλα ή κλιμακωτά ή διασταυρούμενα. Η σεισμική συμπεριφορά των ρηγμάτων δεν είναι ίδια σε όλο τους το μήκος αλλά διαφοροποιείται, όπως και τα γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, διαιρώντας με τον τρόπο αυτό τα ρήγματα σε μικρότερα τμήματα - τμηματοποίηση. Αυτή η έννοια είναι πολύ σημαντική για τον υπολογισμό του σεισμικού κινδύνου (Keller & Pinter, 2002) και είναι σημαντικό να αναγνωριστούν σωστά τα τμήματα, αν και η χαρτογράφησή τους συμπεριλαμβάνει συχνά την αναγνώριση ασυνεχειών στο σύστημα του ρήγματος (Slemmons & Depolo, 1986) που δεν είναι απλή διαδικασία . Τα τμήματα σχετίζονται με την εκτίμηση σεισμικού κινδύνου όταν αντιπροσωπεύουν αθροιστική συν-σεισμική διάρρηξη κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος (και τότε έχουν μήκος δεκάδες χιλιόμετρα) ή όταν αντιπροσωπεύουν ένα μέρος μόνο της διάρρηξης που σχετίζεται με ένα μεμονωμένο γεγονός διάρρηξης (και τότε έχουν μήκος μερικά χιλιόμετρα) (Schwartz & Coppersmith, 1986). Αναλυτικά, ο προβληματισμός που δημιουργείται έγκειται στον

υπολογισμό της πιθανότητας οριοθέτησης ενός μελλοντικού σεισμού σε ένα μεμονωμένο ρήγμα ή στην πιθανότητα μεταπήδησης (jump) σε άλλο ρήγμα προκαλώντας μεγαλύτερο σεισμό (Scholz & Gupta, 200).

Τα τελευταία 2,6 εκατομμύρια χρόνια αποτελούν την περίοδο του Τεταρτογενούς (η πιο πρόσφατη περίοδος του γεωλογικού χρόνου) και κατά τη διάρκειά της έχουν διαμορφωθεί τα χαρακτηριστικά του σημερινού αναγλύφου Αν κάποιο ρήγμα έχει ενεργοποιηθεί κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής τότε θεωρείται δυνητικά ενεργό, αν έχει ενεργοποιηθεί τα τελευταία 10000 χρόνια θεωρείται ενεργό, ενώ αν δεν έχει δραστηριοποιηθεί κατά το Τεταρτογενές θεωρείται ανενεργό (Keller & Pinter, 2002) ή αγνώστου δραστηριότητας.

Η μελέτη των ρηγμάτων περιλαμβάνει την έννοια του ρυθμού ολίσθησης που είναι ο λόγος της μετατόπισης προς το χρονικό διάστημα που χρειάστηκε για να γίνει η μετατόπιση αυτή - ολίσθηση (π.χ. 1 χιλιοστό/έτος). Η μελέτη των σεισμών εμπεριέχει, την έννοια της περιόδου επανάληψης (που είναι ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών σεισμών συγκεκριμένου μεγέθους) και του μεγέθους του σεισμού.

Ο γεωλογικός κίνδυνος (μεταξύ των οποίων σεισμοί, ηφαιστειακή δραστηριότητα και εκπομπές, κατολισθήσεις, καταπτώσεις και εσωτερικές διεργασίες της γης) έχει οριστεί από τη Διεθνή Στρατηγική για τη Μείωση των Καταστροφών (UNISDR) ως μια γεωλογική διεργασία ή φαινόμενο που μπορεί να προκαλέσει απώλεια ζωής, τραυματισμό ή άλλη επίπτωση στην υγεία, υλικές ζημιές, απώλεια πόρων διαβίωσης, κοινωνική ή οικονομική αναστάτωση ή περιβαλλοντικές ζημιές (International Strategy for Disasater Reduction, 2009).

Οι σεισμοί έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην μορφολογία του αναγλύφου, όπως επιφανειακές διαρρήξεις και μετατοπίσεις και είναι δυνατό να προκαλέσουν σοβαρές απώλειες σε ανθρώπινες ζωές, σε περιουσίες και στην κοινωνία γενικότερα, αλλά έχουν και δευτερογενείς επιπτώσεις όπως ρευστοποιήσεις, κατολισθήσεις, φωτιές, τσουνάμι, πλημμύρες ή ακόμη ανύψωση ή βύθιση μεγάλων μαζών ή αλλαγές στη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα (Keller & Pinter, 2002). Ο εντοπισμός, η κατανόηση και η ποσοτικοποίηση των επιδράσεων των σεισμών στο ανάγλυφο επιτρέπουν την κατανόηση του φαινομένου συμβάλλοντας στον προσδιορισμό της σεισμικότητας και του σεισμικού κινδύνου μιας περιοχής (Παυλίδης, 2003).

Ο υπολογισμός του σεισμικού κινδύνου σε μια περιοχή ξεκινά με την αναγνώριση του τεκτονικού καθεστώτος, δηλαδή της γεωμετρίας και της χωρικής κατανομής των ρηγμάτων και ακολουθεί ως δεύτερο βήμα ο υπολογισμός του μέγιστου μεγέθους σεισμού που είναι πιθανό να προκύψει από τα ρήγματα αυτά (Keller & Pinter, 2002). Για το λόγο αυτό και τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση προσέγγισης της τεκτονικής με τη σεισμολογία, ώστε να μελετηθούν τα σεισμικά φαινόμενα μέσα στο πλαίσιο της τεκτονικής (Παυλίδης, 2003).

Η γεωλογία των σεισμών σύμφωνα με τον Παυλίδη (2003) αντιμετωπίζει τους σεισμούς ως ένα τεκτονικό γεγονός, δηλαδή ως ένα γεωλογικό φαινόμενο το οποίο διαμορφώνει το φλοιό της γης και έχει ως αντικείμενο την ήδη υπάρχουσα δομή του φλοιού, τα ενεργά ρήγματα, και το ευρύτερο γεωλογικό περιβάλλον μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα ο σεισμός. Επιμέρους κλάδοι της γεωλογίας των σεισμών είναι η νεοτεκτονική που μελετά τις πρόσφατες δομές, η μορφοτεκτονική που μελετά την επίδραση των τεκτονικών διεργασιών στο γήινο ανάγλυφο, η σεισμοτεκτονική που συσχετίζει γεωλογικά και σεισμολογικά δεδομένα και η παλαιοσεισμολογία που είναι η μελέτης της πρόσφατης σεισμικής ιστορίας των ενεργών ρηγμάτων.

Από τη σχέση σεισμών και ρηγμάτων όπως εξετάστηκε και παρουσιάστηκε από τον Allen (1975), προέκυψε πως όλοι οι μεγάλοι σεισμοί μεγέθους >6,0 βαθμών της κλίμακας Richter έχουν λάβει χώρα κατά μήκος ρηγμάτων, συνδέονται με ενεργά μέτωπα και είναι συνήθως επιφανειακοί (εστιακά βάθη <20 χλμ).

1.2.2 Γεωμορφολογία

Η γεωμορφολογική έρευνα προσπαθεί να βρει τη σχέση μεταξύ των γεωμορφών και των διεργασιών που τις διαμορφώνουν. Συχνά απαιτείται να ληφθούν υπόψη συμβάντα και διεργασίες του παρελθόντος που επέδρασαν στο ανάγλυφο αφού η παρουσία και τα χαρακτηριστικά αρκετών γεωμορφών δεν μπορούν πλήρως να ερμηνευτούν από τη φύση και την ένταση των διεργασιών που δρουν σήμερα (Summerfield, 1991).

Οι γεωμορφές είναι επιφανειακές μορφές, όπως ορεινοί όγκοι ή και μικρότερες όπως λόφοι ή φαράγγια, που στο σύνολό τους συνθέτουν το ανάγλυφο μιας περιοχής. Γεωμορφολογία είναι η μελέτη της μορφής και της εξέλιξης του αναγλύφου εστιάζοντας σε γεωλογικές, φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που παράγουν και τροποποιούν τις γεωμορφές (Keller &

Pinter, 2002). Η εξέλιξη του αναγλύφου στηρίζεται σε μοντέλα διεργασιών-απόκρισης τα οποία είναι ποσοτικές και ποιοτικές αναπαραστάσεις του πώς οι διεργασίες επηρεάζουν την ανάπτυξη του αναγλύφου. Το «γεωμορφολογικό αρχείο», δηλαδή το σύνολο των γεωμορφών και των Τεταρτογενών αποθέσεων που απαντώνται σε μια περιοχή, συνήθως περιλαμβάνει στοιχεία λίγων χιλιάδων έως 2,6 εκατομμυρίων ετών και είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στις έρευνες που αφορούν την τεκτονική (Keller & Pinter, 2002), μπορούν δηλαδή με έμμεσο τρόπο να παρέχουν από στοιχεία έως συμπεράσματα για την πρόσφατη τεκτονική δραστηριότητα μιας περιοχής (Παυλίδης, 2003). Οι γεωμορφές και οι διεργασίες που τις δημιουργούν, επιδρούν με διάφορους τρόπους στις ανθρώπινες δραστηριότητες: μια μεγάλη κατολίσθηση ή μια πλημμύρα είναι δυνατό να αποτελέσουν φυσικό κίνδυνο εάν επηρεάσουν ανθρώπους. Εξετάζοντας τις γεωμορφές είναι δυνατό κάποιες φορές να εντοπιστούν περιοχές υψηλής διακινδύνευσης. Επιπλέον η γεωμορφολογία μπορεί αν συμβάλλει στην ορθή περιβαλλοντική διαχείριση περιοχών ή να βοηθήσει σε τεχνικά θέματα κατασκευών (Summerfield, 1991).

Οι αρχές της γεωμορφολογίας οι οποίες σύμφωνα με τους Keller & Pinter (2002) είναι δυνατό να εφαρμοστούν άμεσα στην μελέτη της τεκτονικής μιας περιοχής είναι:

α) τα ρήγματα σχετίζονται με χαρακτηριστικές γεωμορφές, β) κατά την εξέλιξη του αναγλύφου σημαντικές απότομες αλλαγές συμβαίνουν όταν ξεπερνιούνται συγκεκριμένα όρια, γ) το ανάγλυφο εξελίσσεται με το χρόνο και οι αλλαγές στο σύνολο των γεωμορφών μπορούν να προβλεφθούν, δ) μια αλλαγή στη μορφή σημαίνει και μια αντίστοιχη αλλαγή στις διεργασίες, και τέλος ε) η αλληλεπίδραση της εξέλιξης του αναγλύφου με τα όρια που ορισμένες φορές ξεπερνιούνται, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μια σύνθετη απόκριση, δηλαδή σε σύνθετες διεργασίες.

1.2.3 Τεκτονική, ενεργός τεκτονική, νεοτεκτονική

Στις γεω-επιστήμες, ο όρος τεκτονική αναφέρεται στις διεργασίες, στις δομές και στις γεωμορφές που σχετίζονται με παραμόρφωση του φλοιού της γης ή μπορεί αν ειπωθεί πως αναφέρεται στην εξέλιξη αυτών των δομών με το χρόνο (Keller & Pinter, 2002). Οι τεκτονικές διεργασίες ευθύνονται για τη δημιουργία του αναγλύφου την ίδια στιγμή που άλλες δυνάμεις (κυρίως εξωγενείς) όπως η αποσάθρωση τείνουν να το εξομαλύνουν κάνοντας με αυτόν το τρόπο ακόμα πιο δύσκολο τον υπολογισμό της τεκτονικής παραμόρφωσης.

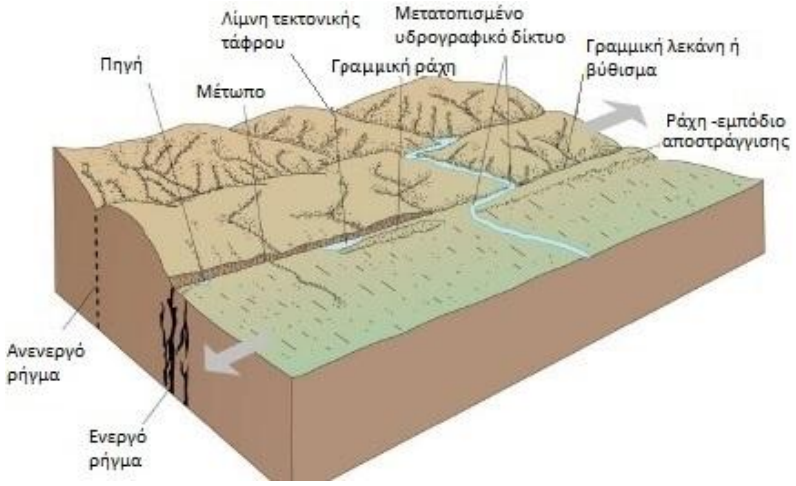
Ο όρος ενεργός τεκτονική σύμφωνα με τους Keller & Pinter (2002), αναφέρεται στις τεκτονικές διεργασίες που προκαλούν την παραμόρφωση του φλοιού της γης και έχουν σημαντική επίδραση στην ανθρώπινη κοινωνία. Οι ίδιοι συγγραφείς υποστηρίζουν πως για να μελετηθούν και να προβλεφθούν τεκτονικά γεγονότα για μια συγκεκριμένη περίοδο θα πρέπει να μελετώνται οι διεργασίες σε βάθος χρόνου. Το να γίνουν κατανοητές οι τεκτονικές διεργασίες σε κλίμακα μερικών εκατομμυρίων ετών είναι απαραίτητο για να γίνει πλήρως κατανοητή η ενεργός τεκτονική και κατά συνέπεια να είναι δυνατός ο μετριασμός των συνεπειών από σεισμούς, που αποτελούν σχετιζόμενο με αυτή κίνδυνο. Η σχέση της ενεργού τεκτονικής — ως γεωλογικού κινδύνου — με τους σεισμούς είναι αιτιολογική και η σχέση αυτή επεκτείνεται και στις σχετιζόμενες με τους σεισμούς εδαφικές παραμορφώσεις, κατολισθήσεις, πτώσεις βράχων, ρευστοποιήσεις και τσουνάμι (Slemmons & Depolo, 1986). Η ενεργός τεκτονική, αποτελεί μια πολυεπιστημονική (multidisciplinary) προσέγγιση ενσωματώνοντας δεδομένα από την τεκτονική γεωλογία, τη γεωμορφολογία, τη στρωματογραφία, τη γεωχρονολόγηση, σεισμολογία και τη γεωδαισία (Pérez-Peña et al., 2010).

Νεοτεκτονική δραστηριότητα ορίζεται ως η επιφανειακή παραμόρφωση από σύγχρονες τεκτονικές κινήσεις του φλοιού που εκφράζονται με τους σεισμούς (η νεοτεκτονική ως επιστήμη προσπαθεί να συνδέσει την πρόσφατη με την ενεργό τεκτονική και ταυτίζεται με τη «γεωλογία των σεισμών») (Παυλίδης, 2003). Το βασικό στοιχείο της νεοτεκτονικής χαρτογράφησης είναι τα μορφοτεκτονικά στοιχεία, εστιάζει στην αποτύπωση γεωλογικών σχηματισμών του Νεογενούς και Τεταρτογενούς, σε γεωμορφολογικά στοιχεία, στα σεισμολογικά δεδομένα και στην αποτύπωση νέων γεωλογικά δομών και ενεργών ρηγμάτων, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί την παρουσίαση δομών του υποβάθρου (Παυλίδης, 2003).

1.2.4 Γεωμορφολογικοί δείκτες νεοτεκτονικής - Απόκριση αναγλύφου

Η πρόσφατη και ενεργός τεκτονική δραστηριότητα θεωρείται ο κύριος παράγοντας που προκαλεί την ανύψωση των οροσειρών, ενώ η σημερινή τοπογραφία είναι το αποτέλεσμα του ανταγωνισμού μεταξύ τεκτονικής και διεργασιών διάβρωσης (Bishop, 2007). Ειδικότερα, η νεοτεκτονική δραστηριότητα δημιουργεί χαρακτηριστικές γεωμορφές (Σχήμα 1.3), όπως για παράδειγμα αναβαθμίδες τεκτονικής προέλευσης, νεοτεκτονικά κέρατα ή τεκτονικές κοιλάδες-

τάφρους, και επηρεάζει άμεσα τόσο τα ποτάμια συστήματα (υδρογραφικά δίκτυα και λεκάνες απορροής) όσο και τα ορεογραφικά μέτωπα. Επειδή δε τα δύο τελευταία παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες, μελετώνται στις έρευνες για την εκτίμηση της τεκτονικής δραστηριότητας μιας περιοχής. Να σημειωθεί πως οι νέες μορφές που δημιουργούνται καθορίζονται από το είδος του ρήγματος που τις δημιούργησε (π.χ. άλλες μορφές δημιουργούνται από τα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης και άλλες από τα κανονικά ρήγματα) ενώ σύμφωνα με τους Slemmons & Depolo (1986) τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου σχετίζονται με την ηλικία της ρηγμάτωσης.



Σχήμα 1.3. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που συνδέονται με ενεργό ρήγμα (τροποποιημένο από Slemmons & Depolo, 1986).

Τα υδρογραφικά δίκτυα ως γεωμορφολογικοί δείκτες νεοτεκτονικής δραστηριότητας

Η μελέτη των ενεργών ποτάμιων συστημάτων ονομάζεται ποτάμια γεωμορφολογία και οι μορφές των ποταμών όπως και οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτούς μπορούν να περιγραφούν από σύνολο παραμέτρων που σχετίζονται με τη γεωμετρία της κοίτης, με το φορτίο, με την ταχύτητα ροής κ.ά. (Keller & Pinter, 2002). Τα ποτάμια συστήματα είναι πολύ ευαίσθητα σε αλλαγές όπως αυτή του κλίματος ή της παγκόσμιας στάθμης θάλασσας, αλλά επηρεάζονται επίσης από την τοπογραφία, τη φύση και τη λιθολογία των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών, καθώς και από τις τεκτονικές διεργασίες όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Σε μεγάλες ή μικρές περιόδους και σε ευρείες περιοχές ή τοπικά μόνο, όταν επικρατεί τεκτονική βύθιση λαμβάνει χώρα απόθεση, ενώ σε περιοχές τεκτονικής ανύψωσης επικρατεί η διάβρωση. Οι διαδικασίες που σχετίζονται με την εξέλιξη του αναγλύφου είναι

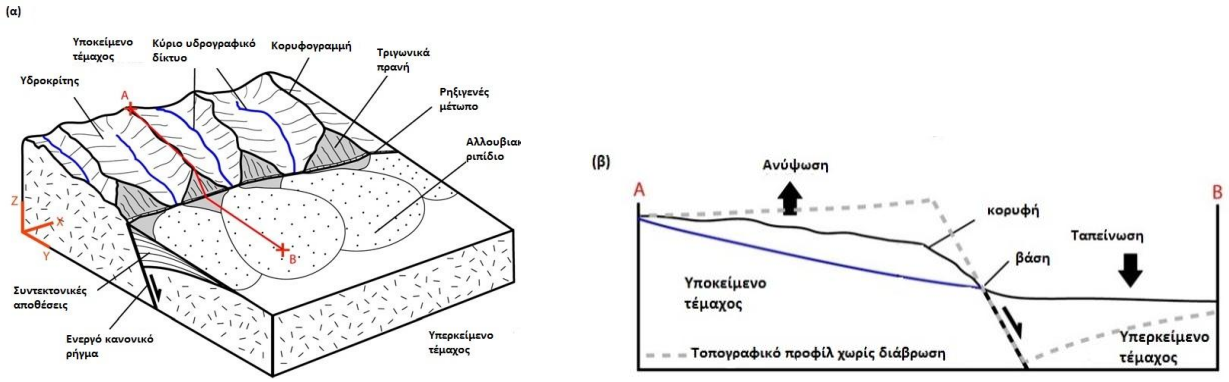
δύσκολο να εντοπιστούν και να ποσοτικοποιηθούν αλλά με δεδομένο πως οι τεκτονικές και διαβρωτικές διεργασίες διαμορφώνουν τις λεκάνες απορροής, είναι δυνατό με τη χρήση μορφομετρικών παραμέτρων να προσδιοριστεί η σχετική σημασία των διεργασιών αυτών (Segura et al., 2007).

Η τεκτονική επιδρά στην ανάπτυξη των υδρογραφικών δικτύων είτε "ενεργά", οπότε υπάρχει απόκριση στην εν εξελίξει τεκτονική δραστηριότητα, είτε "παθητικά" (δομική επιρροή), οπότε οι συνέπειες φανερώνεται μέσω χαρακτηριστικών που διαμορφώθηκαν από προηγούμενη τεκτονική δραστηριότητα. Οι δύο αυτοί τύποι επίδρασης ασκούνται συνήθως μαζί και επηρεάζουν το υδρογραφικό δίκτυο σύμφωνα με τον Summerfield (1991) με τους εξής τρόπους: Με τον καθορισμό της μορφής του υδρογραφικού δικτύου, με μερική αλλαγή της πορείας της κοίτης ή με δημιουργία πειρατείας, με τη δημιουργία ανεμοτομής, βυθισμάτων ή ποτάμιων αναβαθμίδων, με αλλαγή των τιμών των υδρολογικών παραμέτρων όπως παροχή και στερεοπαροχή, με αναστροφή αποστράγγισης ή με λοξή αποστράγγιση και τέλος με παραμόρφωση του επιμήκους προφίλ του ποταμού ή/και με δημιουργία σημείων κάμψης.

Τα ορεογραφικά μέτωπα ως γεωμορφολογικοί δείκτες νεοτεκτονικής δραστηριότητας

Τα ορεογραφικά μέτωπα και οι κρημνοί είναι γεωμορφές συνήθως που διατηρούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα και ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται στην τεκτονική γεωμορφολογία (Mayer, 1986).

Σε συνθήκες όπου δρουν εφελκυστικές τάσεις, όταν δηλαδή υπάρχουν κανονικά ρήγματα, τα ορεογραφικά μέτωπα είναι απότομα και γραμμικά (Σχήμα 1.4). Τα ρηξιγενή αυτά μέτωπα αναπτύσσονται λόγω της σταδιακής βύθισης του κατερχόμενου τεμάχους και της ταυτόχρονης ανύψωσης του ανυψούμενου τεμάχους. Το σχήμα τους ελέγχεται από την σταδιακή εμφάνιση του επιπέδου του ρήγματος το οποίο στη συνέχεια υποβάλλεται στις διεργασίες τις επιφανειακής διάβρωσης (Strak et al., 2011). Οι κρημνοί αποτελούν τις πιο εντυπωσιακές σεισμοτεκτονικές γεωμορφές; μπορούν να φτάσουν σε ύψος αρκετών εκατοντάδων μέτρων και σε μήκος πολλών χιλιομέτρων (Dramis & Blumetti, 2005).

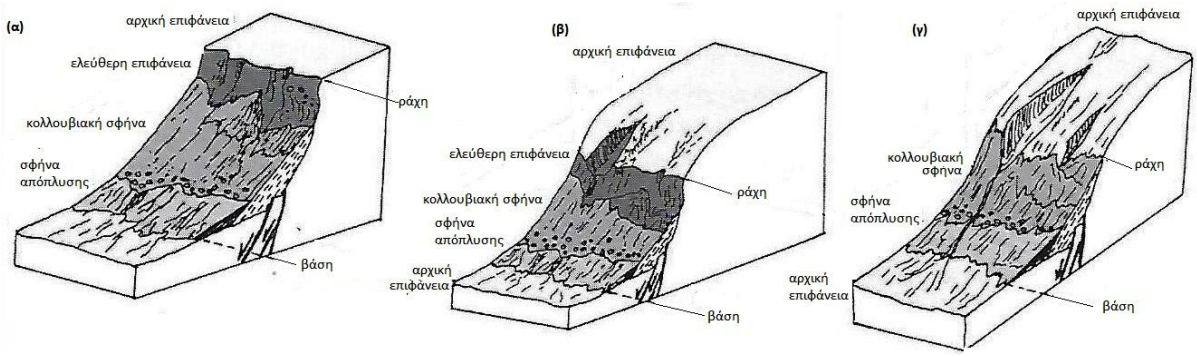


Σχήμα 1.4. (α) Διάγραμμα που δείχνει τα μορφολογικά και δομικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τα κανονικά ρήγματα και (β) Η αντίστοιχη εγκάρσια τομή (τροποποιημένο από Strak et al., 2011).

Η διακεκομμένη γκρι γραμμή δείχνει το θεωρητικό προφίλ χωρίς την επίδραση από τη διάβρωση (π.χ. από συν-σεισμική παραμόρφωση).

Η μορφολογία των ορεογραφικών μετώπων, όταν αυτά είναι ενεργά και οριοθετούνται από ρήγματα, είναι δυνατό να παρέχει πληροφορίες για την παρουσία νεοτεκτονικής δραστηριότητας μέσω κάποιων χαρακτηριστικών τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνουν την κλίση του πρανούς, την αλλαγή της γωνίας κλίσης, τη δημιουργία κολλουβιακής σφήνας και τη δημιουργία σφήνας απόπλυσης. Συγκεκριμένα όπως φαίνεται στο σχήμα 1.5, σύμφωνα με τον Παυλίδη (2003) σε ένα νέο τεκτονικό πρανές φαίνεται η ελεύθερη επιφάνεια η οποία συνήθως έχει μεγάλη κλίση (≈50-80^{o}) (όσο πιο μεγάλη η κλίση τόσο πιο μικρή η ηλικία του ρηξιγενούς πρανούς) και οι δύο σφήνες — κολλουβιακή και απόπλυσης — στη βάση του (δεν υπάρχει συνήθως σαφές όριο μεταξύ αυτών των δύο). Λόγω των διαδικασιών διάβρωσης στο επόμενο στάδιο απομακρύνεται υλικό από τη ράχη και αποτίθεται στη βάση οπότε οι κλίσεις μικραίνουν. Στο τελικό στάδιο εξαιτίας της διάβρωσης δεν διακρίνεται πλέον η ελεύθερη επιφάνεια και το πρανές αποκτά μια αρκετά μικρή κλίση (μοιάζει με επιφάνεια μη τεκτονικής προέλευσης). Τέλος να σημειωθεί πως η βάση (Σχήμα 1.4β) είναι περισσότερο εμφανής σε νέες ρηξιγενείς κατωφέρειες ή όταν σχηματίζεται σφήνα απόπλυσης.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί πως τα χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής, κυρίως το σχήμα και το μέγεθος, επηρεάζουν τη μορφολογία του ορεογραφικού μετώπου και το πως θα εξελιχθεί. Μεγάλες κυκλικές λεκάνες δεν αποθέτουν ίζημα στην επιφάνεια μπροστά στο μέτωπο και επιτρέπουν τη δημιουργία εκτεταμένων τριγωνικών μετώπων (Mayer, 1986).



Σχήμα 1.5. Εξέλιξη ρηξιγενούς πρανούς κανονικού ρήγματος (τροποποιημένο από Χατζηπέτρος (1998)).

Άλλοι γεωμορφολογικοί δείκτες νεοτεκτονικής δραστηριότητας

Επικουρικά η ενεργός δραστηριότητα ενός ρήγματος αποδεικνύεται από την ύπαρξη θερμομεταλλικών πηγών ή ατμίδων κατά μήκος αυτού. Επίσης, μπορεί να τεκμηριωθεί από την ανάπτυξη γεωθερμικών πεδίων στην ευρύτερη περιοχή, από έντονη διάβρωση στο ανυψούμενο τέμαχος και από ένα πλήθος στοιχείων που προκύπτουν από τη γεωλογική και γεωμορφολογική χαρτογράφηση όπως για παράδειγμα ο εντοπισμός κατοπτρικών επιφανειών (Παυλίδης, 2003).

1.2.5 Φυσικές καταστροφές και ενεργές τεκτονικά ζώνες

Περιοχές που βρίσκονται κοντά σε όρια λιθοσφαιρικών πλακών δέχονται ισχυρές δυνάμεις που αποτυπώνονται στο ανάγλυφο και στην υψηλή σεισμική δραστηριότητα. Ως εκ τούτου, η μελέτη της ενεργού τεκτονικής καθίσταται όλο και πιο σημαντική διότι τα αποτελέσματά της σε περιφερειακή κλίμακα είναι σημαντικά για την αξιολόγηση των φυσικών κινδύνων, το σχεδιασμό των χρήσεων γης αλλά και για τη γενικότερη διαχείριση των κατοικημένων περιοχών Η χρησιμότητα τέτοιων ερευνών είναι ιδιαίτερα μεγάλη όταν η ανάλυση της ενεργού τεκτονικής γίνεται σε διάφορες κλίμακες, από την περιφερειακή έως την τοπική.

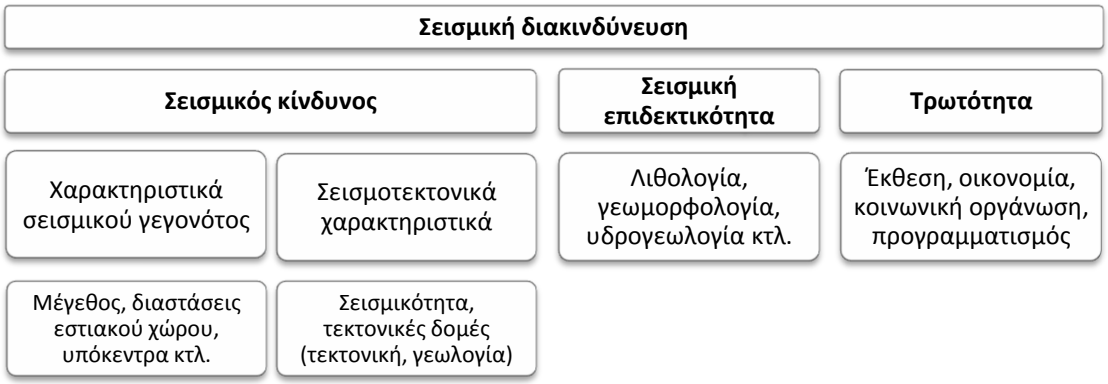
Οι σεισμοί έχουν καταστροφικές επιπτώσεις στην κοινωνία και την οικονομία όπως φαίνεται τόσο από τον αριθμό των θυμάτων για τους καταγεγραμμένους σεισμούς όσο και από το ποσό των οικονομικών απωλειών. Ένας μόνο σεισμός μπορεί να απελευθερώσει ενέργεια που ισοδυναμεί με εκατοντάδες ή χιλιάδες πυρηνικές εκρήξεις, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Kusky (2008) και μπορεί να κοστίσει δισεκατομμύρια δολάρια (ζημιές) πέραν των ανθρώπινων

απωλειών. Αντιλαμβάνεται λοιπόν κανείς τη χρησιμότητα του υπολογισμού της ενεργού τεκτονικής για την κοινωνία.

Μέθοδοι και τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί τα τελευταία χρόνια για τον εντοπισμό τεκτονικά ενεργών ζωνών, όπως τα GPS, τα σεισμολογικά δίκτυα και τα ψηφιακά δορυφορικά δεδομένα, είναι συχνά πολυέξοδα και κατά συνέπεια υπάρχει η ανάγκη για χρήση οικονομικών μεθόδων που προσφέρουν γρήγορο και οικονομικό αποτέλεσμα. Δεν υπάρχει η ιδανική μέθοδος η οποία θα συνδυάζει διάφορες επιστήμες και τεχνικές και θα δίνει ένα αποτέλεσμα, αλλά θα πρέπει για κάθε περιοχή να αξιοποιούνται όσο το δυνατό περισσότερα δεδομένα τα οποία σε συνδυασμό με επί τόπου μετρήσεις και με τη χρήση της πληροφορικής θα δίνουν ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα.

1.2.6 Εκτίμηση Σεισμικού Κινδύνου

Αρχικά, θα πρέπει να γίνει και η διάκριση μεταξύ των όρων σεισμικός κίνδυνος (seismic hazard) και σεισμική διακινδύνευση (seismic risk) τουλάχιστον ως προς τη χρήση τους στην παρούσα διατριβή. Ο όρος σεισμικός κίνδυνος χρησιμοποιείται για να περιγράψει μόνο το φυσικό φαινόμενο, την εδαφική δηλαδή κίνηση και την τεκτονική απόκριση (π.χ. μέγεθος σεισμού, ένταση σεισμού, επιτάχυνση) χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι συνέπειες, ενώ ο όρος σεισμική διακινδύνευση αφορά αποκλειστικά τις συνέπειες, δηλαδή το βαθμό βλάβης για ένα συγκεκριμένο βαθμό σεισμικού κινδύνου (διακινδύνευση = κίνδυνος * έκθεση * τρωτότητα (ή επιδεκτικότητα σε βλάβες), σύμφωνα με UNISDR (2015)). Οι παράγοντες που συγκλίνουν στον ορισμό της σεισμικής διακινδύνευσης, σύμφωνα με τον Panizza (1991) ο οποίος προσπάθησε να αναλύσει τον τρόπο με το οποίο η γεωμορφολογία συνεισφέρει στις μελέτες εκτίμησης σεισμικού κινδύνου, συνοψίζονται στο διάγραμμα του σχήματος 1.6.



Σχήμα 1.6. Διάγραμμα με τους παράγοντες που συγκλίνουν στον ορισμό της σεισμικής διακινδύνευσης (τροποποιημένο από Panizza, 1991).

Τα ρήγματα και η ενεργοποίησή τους έχουν αναγνωριστεί ευρέως ως ο κύριος λόγος πρόκλησης σεισμών (Singh & Singh, 2005), και αυτός είναι ο λόγος που η έρευνα έχει κάνει στροφή προς τις γεωλογικές και εδαφολογικές συνθήκες θεμελίωσης σε σχέση με τα ενεργά ρήγματα. Αυτό δεν περιλαμβάνει μόνο τη μελέτη της στενής περιοχής του ρήγματος αλλά την ευρύτερη ζώνη.

Η προσπάθεια ποσοτικοποίησης των χαρακτηριστικών της εδαφικής κίνησης λόγω ενός σεισμού σε μια περιοχή ονομάζεται ανάλυση σεισμικού κινδύνου και γίνεται είτε με την ανάλυση αιτιοκρατικού σεισμικού κινδύνου (DSHA) είτε με την ανάλυση πιθανολογικού σεισμικού κινδύνου (PSHA). Στην πρώτη περίπτωση κύριος στόχος είναι ο προσδιορισμός του μέγιστου αναμενόμενου σεισμικού μεγέθους το οποίο είναι πιθανό να συμβεί στην περιοχή μελέτης και κυρίαρχο ρόλο παίζουν τα γεωλογικά δεδομένα που σχετίζονται με την περιοχή μελέτης χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση σεισμολογικών δεδομένων της περιοχής. Στη δεύτερη περίπτωση κύριος στόχος είναι ο προσδιορισμός της συχνότητας με την οποία επαναλαμβάνεται ένα σεισμικό γεγονός και πρώτο ρόλο παίζουν τα σεισμολογικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα για την περιοχή μελέτης (Παυλίδης, 2003).

Για τη μείωση του κινδύνου που σχετίζεται με τους σεισμούς θα έπρεπε να δοθεί απάντηση σε ερωτήματα όπως: ποια ρήγματα μπορούν να προκαλέσουν καταστροφικούς σεισμούς; ή ποια θα είναι η συχνότητα και ποιες οι ιδιότητες του σεισμού που αναμένεται; ή ακόμη ποια είναι η μορφή και ο χαρακτήρας της επιφανειακής διάρρηξης που συνδέεται με τους σεισμούς; Αν και ακόμη δεν είναι δυνατό με πληρότητα να απαντηθούν όλα αυτά τα ερωτήματα, είναι δυνατό να επιχειρηθεί η μείωση των απωλειών από μελλοντικούς μεγάλους σεισμούς μέσω του

σωστού σχεδιασμού, των κανονισμών και των κυβερνητικών αποφάσεων (Wesson et al., 1975).

Κύριο στοιχείο στην ανάλυση της διακινδύνευσης αποτελεί η συσχέτιση του μήκους του ρήγματος, της μετατόπισης και της επιφάνειας με το μέγεθος του σεισμού. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται την εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου των ρηγμάτων. Επιπλέον στοιχεία για την ανάλυση διακινδύνευσης αποτελεί ο υπολογισμός της περιόδου επανάληψης και ο χαρακτηρισμός της συμπεριφοράς ενός ρήγματος (Slemmons & Depolo, 1986).

Οι χώρες μέσω των αντισεισμικών κανονισμών (όπως προκύπτουν από αναλύσεις σεισμικού κινδύνου) προσπαθούν να μειώσουν τη διακινδύνευση και αυτό γίνεται είτε μέσω της μείωση της τρωτότητας είτε μέσω της σωστής εκτίμησης του σεισμικού κινδύνου που αποτελεί και το πρώτο βήμα στο πλαίσιο της διαχείρισης των καταστροφών. Στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ, 2003) χρησιμοποιείται η εδαφική επιτάχυνση (PGA (g)) με βάση την οποία η χώρα υποδιαιρείται σε τρεις (3) ζώνες σεισμικού κινδύνου I (0,16), II (0,24) και III (0,36) και με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια.

Κεφάλαιο 2.

Γεωλογικό καθεστώς και σεισμικότητα

2.1 Το γεωδυναμικό καθεστώς της Ελλάδας

2.1.1 Η σεισμικότητα του Ελληνικού χώρου

2.2 Γεωτεκτονική δομή της βόρειας Εύβοιας

2.2.1 Η λιθοστρωματογραφία της βόρειας Εύβοιας

2.2.1.1 Προ – αλπικό υπόβαθρο

2.2.1.2 Αλπικό υπόβαθρο

2.2.1.3 Μετά – αλπικά ιζήματα

2.3 Η τεκτονική της βόρειας Εύβοιας

2.3.1 Η τεκτονική τάφρος του βόρειου Ευβοϊκού

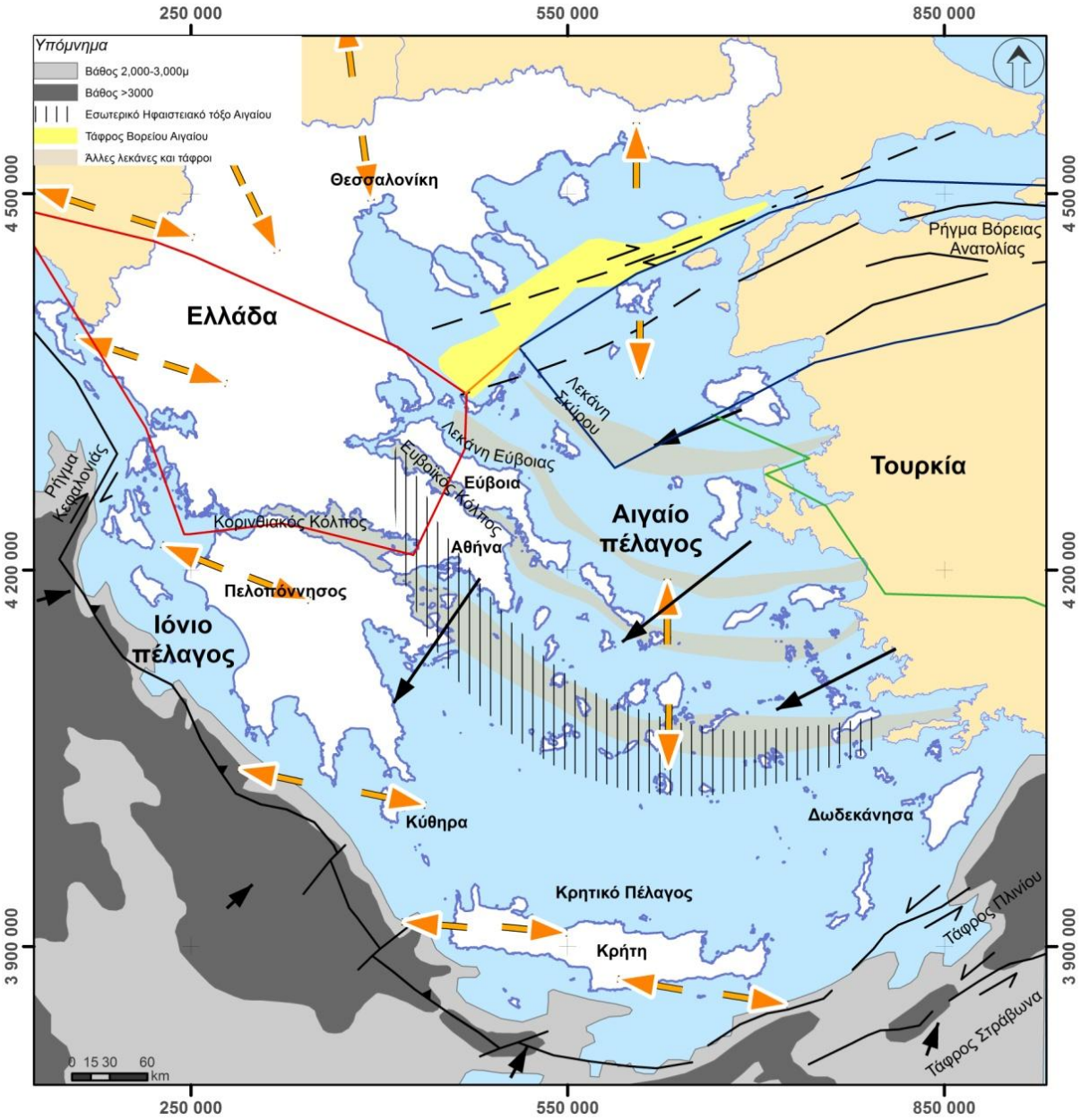
2.4 Η σεισμικότητα της βόρειας Εύβοιας

2.1 Το γεωδυναμικό καθεστώς της Ελλάδας

Η ανατολική Μεσόγειος έχει έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα και είναι μία από τις πιο σεισμογενείς περιοχές του κόσμου. Σε αυτήν ανήκει και η Ελλάδα, η οποία βρίσκεται στο ενεργό μέτωπο σύγκλισης της Αφρικανικής με την Ευρασιατική λιθοσφαιρική πλάκα και συνεπώς το ανάγλυφό της αντανακλά με διαφόρους τρόπους τον πρόσφατο τεκτονισμό.

Το Ελληνικό τόξο αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα του αλπικού ορογενετικού συστήματος και είναι αποτέλεσμα της υποβύθισης της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική μέση ταχύτητα σύγκλισης 2,5 εκ/χρόνο. Η υποβύθιση αυτή, καθιστά τον Ελληνικό χώρο ένα ενεργό περιθώριο. Επιπλέον σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του Ελληνικού τόξου έχουν οι τάσεις που δημιουργούνται πλευρικά από τις μικροπλάκες που αποσπώνται και κινούνται στα περιθώρια και ανεξάρτητα (Μικροπλάκα της Ανατολίας, Αδριατική μικροπλάκα). Έχει τοξοειδές σχήμα καθώς η βύθιση είναι αμφιθεατρική, κάμπτεται σταδιακά σε διεύθυνση Α-Δ μεταξύ Κυθήρων και Κρήτης και η διεύθυνση αυτή γίνεται ΒΑ-ΝΔ ανατολικά των Δωδεκανήσων έως και την Τουρκία (Σχήμα 2.1) (Μουντράκης, 1988; Mariolakos et al., 2001).

Μετά τη λήξη της αλπικής ορογένεσης που για τον Ελληνικό χώρο τοποθετείται γενικά στο Μειόκαινο, άρχισε η νεοτεκτονική δραστηριότητα που περιλαμβάνει όλα τα τεκτονικά γεγονότα που έλαβαν χώρα κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές και η οποία διαμόρφωσε το οριστικό σχήμα και την τελική μορφή του συνολικού χερσαίου και θαλάσσιου αναγλύφου του Ελληνικού χώρου (Μουντράκης, 1988). Ως εκ τούτου και το Ελληνικό τόξο άρχισε να αναπτύσσεται με τη γεωμετρία που έχει σήμερα στο τέλος του Μειόκαινου (Mariolakos et al., 2001).



Σχήμα 2.1. Κύρια νεοτεκτονικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού τόξου και του Αιγαιακού χώρου σύμφωνα με τον Μουντράκη, (1988). Στο χάρτη φαίνεται επίσης το σύστημα αυλάκων σύμφωνα με τους Mariolakos et al., (2001). Τα πορτοκαλί βέλη δείχνουν τη διεύθυνση του κύριου εφελκυστικού πεδίου και τα μαύρα τη διεύθυνση κίνησης της Αφρικανικής πλάκας (Μουντράκης, 1988) και της Ανατολίας ως προς την Ευρώπη(Armijo et al., 1996). Τέλος στο χάρτη φαίνονται τα όρια των μικροπλακών σύμφωνα με τους Nyst & Thatcher (2004), η μπλε γραμμή οριοθετεί την μικροπλάκα του νότιου Μαρμαρά, η πράσινη την μικροπλάκα της Ανατολίας, η κόκκινη την μικροπλάκα της Στερεάς Ελλάδας και η πορτοκαλί δείχνει το πάνω όριο της μικροπλάκας νοτίου Αιγαίου και Πελοποννήσου (η ανάλυση των κινήσεων γίνεται στο κείμενο). Τα βάθη, το ηφαιστειακό τόξο και η τάφρος του βορείου Αιγαίου είναι από τον Angelier (1978) ενώ οι άλλες σημαντικές τάφροι και λεκάνες από τους Armijo et al. (1996).

Τόσο το Ελληνικό τόξο όσο και οι υποθαλάσσιες τάφροι χαρακτηρίζουν τον χώρο του Αιγαίου και αποτελούν τα κύρια, μορφολογικά του γνωρίσματα τεκτονικής προέλευσης. Το Ελληνικό τόξο αποτελείται από:

- ένα εξωτερικό ιζηματογενές τόξο το οποίο περιλαμβάνει τις Ελληνίδες οροσειρές, τα νησιά του Ιονίου, την Πελοπόννησο και τα νησιά Κύθηρα, Κρήτη, Κάρπαθο και Ρόδο καθώς και τις Ταυρίδες οροσειρές οι οποίες θεωρείται πως αποτελούν την προέκταση του τόξου αυτού προς την ανατολή,
- ένα εσωτερικό ηφαιστειακό τόξο το οποίο βρίσκεται σε απόσταση 120 χλμ παράλληλα στο ιζηματογενές και περιλαμβάνει τα ηφαιστειακά νησιά και τα Πλειοτεταρτογενή ενεργά ηφαίστεια του νοτίου Αιγαίου, των Μεθάνων, της Μήλου, της Σαντορίνης, της Κω και της Νισύρου (η ηφαιστειότητα του τόξου του Αιγαίου από άποψη χημισμού είναι ασβεσταλκαλική).

Στο κυρτό μέρος του ελληνικό τόξου αναπτύσσεται ένα σύστημα από βαθιές ωκεάνιες τάφρους που ονομάζεται Ελληνική περιφερειακή τάφρος (υποθαλάσσια βυθίσματα βάθους μεταξύ 2000 και 5000 μ) ενώ στο εσωτερικό, κοίλο μέρος του τόξου αναπτύσσεται η περιθωριακή θάλασσα με μικρά βάθη που ονομάζεται Αιγαίο πέλαγος (Παπαδόπουλος, 1982). Πίσω από το τόξο, και ιδιαίτερα πίσω από το πρίσμα επαύξησης, δημιουργείται λόγω των εφελκυστικών τάσεων η λεκάνη που ταυτίζεται με το Κρητικό πέλαγος. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί πως η τάφρος του βορείου Αιγαίου αντικατοπτρίζει τη δραστηριότητα του ρήγματος της βόρειας Ανατολίας και χαρακτηρίζεται από ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης. Σύμφωνα με τους Armijo et al. (1996) ο νότιος κλάδος αυτού του ρήγματος συνδέεται μέσω του βορείου Αιγαίου με τη λεκάνη της Σκύρου και ακολούθως νοτιοδυτικά μέσω του βάθους του φλοιού με τη λεκάνη της Εύβοιας (κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Εύβοιας), τον Ευβοϊκό κόλπο και τέλος τον Κορινθιακό, τους οποίους είναι πιθανό να έχει επανα-δραστηριοποιήσει. Ο εν λόγω νότιος κλάδος σύμφωνα με την Kiratzi (2002) είναι βαθυμετρικά λιγότερο έντονος και λιγότερο ενεργός (υπό την έννοια πως δεν είναι τόσο καλά αναπτυγμένος και οι σχετιζόμενες με αυτόν λεκάνες δεν είναι τόσο βαθιές).

Το Αιγαίο πέλαγος ανήκει στις περιοχές με την ταχύτερη παραμόρφωση του ηπειρωτικού τομέα (Jackson, 1994; Papazachos & Kiratzi, 1996) και η τεκτονική του χαρακτηρίζεται ως πολύπλοκη- περίπλοκη και πολλαπλών φάσεων καθώς έλαβαν χώρα γεγονότα τόσο

συμπίεσης, όσο και εφελκυσμού. Συγκεκριμένα οι Le Pichon & Angelier (1979) υποστηρίζουν πως το Αιγαίο επεκτείνεται λόγω εφελκυστικής τεκτονικής τα τελευταία 13 εκατ. χρόνια, ενώ σύμφωνα με τον Angelier (1978) οι κύριες αλλαγές στη δυναμική εξέλιξη της περιοχής του Αιγαίου από το ανώτερο Μειόκαινο είναι: Επεκτατικές κινήσεις κατά τη διάρκεια του ανώτερου Μειόκαινου, μια ισχυρή συμπίεση διεύθυνσης ΑΝΑ-ΔΒΔ, μια νέα φάση συμπίεσης μέσης διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ που επηρέασε τη Χίο, τη Σάμο, την Ικαρία, την Κω και την Εύβοια. Επίσης είναι μεγάλα κανονικά ρήγματα Πλειο-τεταρτογενούς ηλικίας που διαχωρίζουν το Αιγαίο σε ανερχόμενα και κατερχόμενα τεμάχη, μια ελαφρά συμπίεση στις αρχές του Τεταρτογενούς και τέλος ένα επεκτατικό τεκτονικό καθεστώς που επικράτησε στο τέλος του Πλειστόκαινου και κατά το Ολόκαινο.

Σύμφωνα με τους Μουντράκη (1988) και Παπαδόπουλο (1982) παρότι ο χώρος του Αιγαίου εμφανίζει ενεργό τεκτονική βάθους, το εσωτερικό και εξωτερικό του τμήμα έχουν διαφορετική τεκτονική συμπεριφορά. Στο εσωτερικό τμήμα το πεδίο των τάσεων είναι εφελκυστικό με διεύθυνση Β-Ν οπότε τα ρήγματα που δημιουργούν είναι κανονικά κυρίως διεύθυνσης Α-Δ, η λιθόσφαιρα έχει μικρό πάχος, υπάρχει έντονη σεισμική δραστηριότητα ενδιάμεσου βάθους (στο βόρειο και κεντρικό Αιγαίο οι σεισμοί γίνονται επιφανειακοί), υπάρχει Πλειοτεταρτογενής ηφαιστειακή δραστηριότητα και τιμές ροής θερμότητας υψηλές. Αντίθετα, στο εξωτερικό εμφανίζονται συμπιεστικές τάσεις, ανάστροφα ρήγματα, το πάχος της λιθόσφαιρας είναι μεγάλο, υπάρχει απουσία σεισμών ενδιάμεσου βάθους, απουσία μαγματικής δραστηριότητας και χαμηλές τιμές ροής θερμότητας.

Οι Nyst & Thatcher (2004), στην έρευνά τους που αφορά το πεδίο των τάσεων στο Αιγαίο, χρησιμοποιώντας τη θεωρία των τεκτονικών πλακών και σεισμολογικά δεδομένα επισημαίνουν πως για την κατανόηση των περιοχών όπου σήμερα λαμβάνει χώρα παραμόρφωση στο Αιγαίο πρέπει να ληφθούν υπόψη τρεις κινήσεις: η Δ-ΝΔ κίνηση της Ανατολίας με ταχύτητα 15-25 χιλιοστά/έτος σε σχέση με την Ευρασία, τη ΝΝΔ κίνηση του νοτίου Αιγαίου και ενός μεγάλου μέρους της Πελοποννήσου με ταχύτητα ≈30 χιλιοστά/έτος και τη δεξιόστροφη περιστροφή της Στερεάς Ελλάδας σε σχέση με την Ευρασία με ταχύτατα που κυμαίνεται από 5 χιλιοστά/έτος στη ΒΔ Ελλάδα έως 20 χιλιοστά/έτος στο Βόλο και έως 30 χιλιοστά/έτος στην Εύβοια (Σχήμα 2.1). Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς η κίνηση της Στερεάς Ελλάδας από τη μία συμβάλει στο άνοιγμα του Κορινθιακού κόλπου με επέκταση (extension) διεύθυνσης Β-Ν και ταχύτητα που κυμαίνεται από ≈5 χιλιοστά/έτος ή λιγότερο

στην ανατολική άκρη του κόλπου, ≈15 χιλιοστά/έτος στο κεντρικό τμήμα του κόλπου έως ≈20 χιλιοστά/έτος στα ΒΔ και από την άλλη προκαλεί 5-20 χιλιοστά/έτος σχετική κίνηση στο βόρειο άκρο του τεμάχους Στερεάς Ελλάδας από την Αλβανία έως τη Μαγνησία.

Τα κανονικά ρήγματα στο χώρο του Αιγαίου δημιουργούν τεκτονικές τάφρους και τεκτονικά κέρατα διεύθυνσης Α-Δ, παράλληλα και ακτινωτά στο Ελληνικό τόξο και έχουν συσχετιστεί με πολλούς πρόσφατους και ιστορικούς σεισμούς ενώ δραστηριοποιούν παράλληλα παλαιότερα ρήγματα διαφόρων διευθύνσεων (Μουντράκης, 1988).

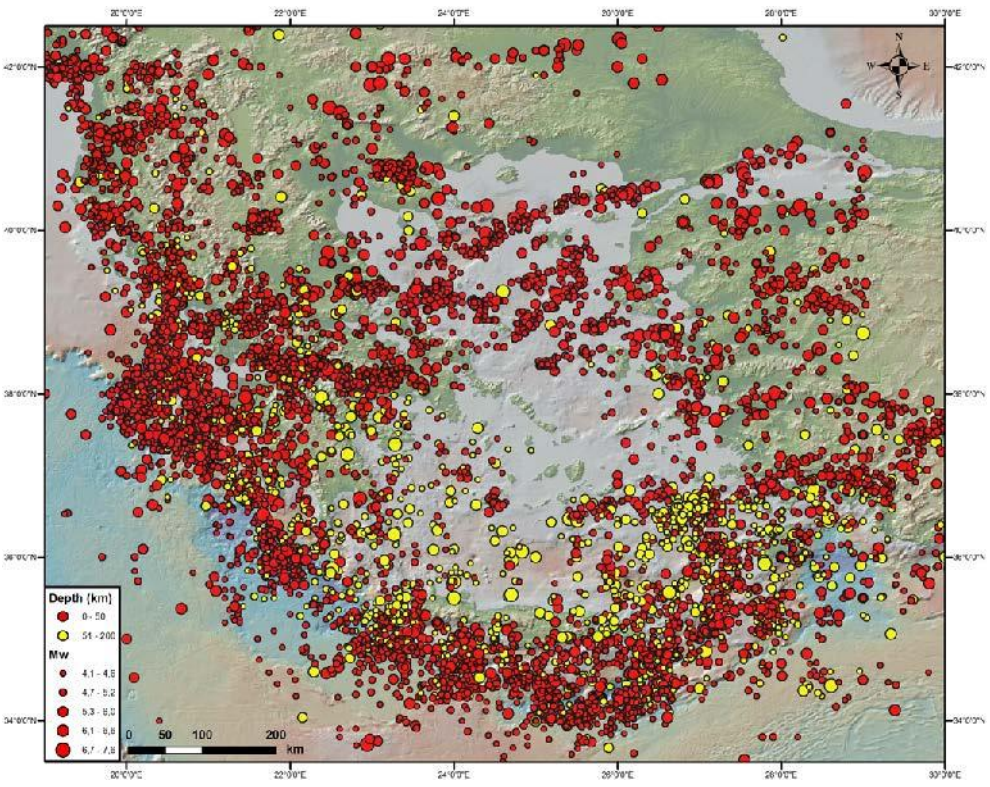
2.1.1 Η σεισμικότητα του Ελληνικού χώρου

Γενικά, η σεισμική δραστηριότητα μιας περιοχής, είναι αποτέλεσμα της ενεργού τεκτονικής της, που είναι μια σχετικά πρόσφατη διαδικασία ηλικίας 10 εκατομμυρίων ετών. Η σεισμική δραστηριότητα κατανέμεται παγκοσμίως στις ζώνες των δύο συστημάτων διάρρηξης του γήινου φλοιού (ηπειρωτικό σύστημα και μεσοωκεάνιες ράχες). Ο Ελληνικός χώρος βρίσκεται στην Ευρασιατική-Μελανησιακή ζώνη του ηπειρωτικού συστήματος διάρρηξης και αυτή είναι η αιτία της έντονης τεκτονικής δραστηριότητας της χώρας (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1999). Η έντονη αυτή δραστηριότητα, αποδεικνύεται από την υψηλή σεισμικότητα του χώρου, την έντονη διάρρηξη και πτύχωση των πετρωμάτων, τα ηφαιστειακά και γεωθερμικά φαινόμενα κτλ. Συγκεκριμένα, η κύρια λιθοσφαιρική διεργασία στο Αιγαίο πέλαγος, εξαιτίας της οποίας η Ελλάδα είναι μία από τις πιο σεισμικά ενεργές περιοχές στον κόσμο, είναι η υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική, νότια της Κρήτης και η οποία σχηματίζει το Ελληνικό τόξο και την αντίστοιχη τάφρο (Papazachos & Comninakis, 1971). Στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης, η Ελλάδα μαζί με τις γειτονικές της περιοχές (ηπειρωτική Ελλάδα, Αιγαίο πέλαγος και δυτική Τουρκία) έχουν την υψηλότερη σεισμική δραστηριότητα (Papazachos, 1977), γεγονός που φανερώνει πολύ ενεργό τεκτονική δραστηριότητα.

Τα γεωδυναμικά φαινόμενα μεταξύ των οποίων και η σεισμική δραστηριότητα, έχουν τα αίτιά τους στο στερεό φλοιό και στον ανώτερο μανδύα της γης. Όσο μεγαλύτερα είναι τα μεγέθη των σεισμών που λαμβάνουν χώρα σε μια περιοχή και όσο μεγαλύτερη η συχνότητα των σεισμών ενδιάμεσου και μεγάλου μεγέθους τόσο περισσότερη έντονη χαρακτηρίζεται η σεισμικότητά της. Οι μεταβολές που προκαλούνται από τη γένεση των μεγάλων σεισμών έχουν άμεση και έμμεση επίδραση στη μορφολογία του αναγλύφου. Συχνά προκαλούν τη

δημιουργία ιχνών κατά μήκος των σεισμικών ρηγμάτων, μεταβολές στα υδρογραφικά δίκτυα, κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας (κατολισθήσεις, πτώσεις βραχωδών μαζών, ερπυσμούς, λασπορροές), κ.ά. (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1999).

Στον Ελληνικό χώρο τα εστιακά βάθη φτάνουν περίπου τα 180 χλμ. Επιφανειακοί χαρακτηρίζονται οι σεισμοί με εστιακό βάθος μικρότερο από 60 χλμ και ενδιάμεσοι εκείνοι με εστιακό βάθος μεγαλύτερο των 60 χλμ. Η σεισμική δραστηριότητα παρουσιάζει μεγάλη διασπορά στον ελληνικό χώρο και το μεγαλύτερο μέρος της δραστηριότητας αυτής σχετίζεται με επιφανειακούς σεισμούς (Σχήμα 2.2). Οι εστίες των σεισμών ενδιάμεσου βάθους εντοπίζονται στη σεισμική ζώνη Benioff η οποία έχει αμφιθεατρικό σχήμα και κλίνει από το κυρτό μέρος (Μεσόγειος) προς το κοίλο μέρος (νότιο Αιγαίο) του ελληνικού τόξου με μέση γωνία 23^{o} και 38^{o} αντίστοιχα στο πιο ρηχό τμήμα της 40-80 χλμ και στο βαθύτερο 80-180 χλμ (Papazachos & Panagiotopoulos, 1993).



Σχήμα 2.2. Χάρτης χωρικής κατανομής των επικέντρων 7352 επιφανειακών και ενδιάμεσου βάθους σεισμών στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας για την περίοδο 1900-2009 (Makropoulos et al., 2012).

Ο ευρύτερος χώρος του Αιγαίου πελάγους αποτελεί μια από τις πιο σεισμογενείς περιοχές με έντονη παραμόρφωση. Κύρια αίτια είναι οι οριζόντιες δυνάμεις που ασκούνται στη

λιθόσφαιρα του χώρου του Αιγαίου και των γύρω περιοχών από γειτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες - λόγω των οριζόντιων δυνάμεων που ασκούνται στον πυθμένα της λιθόσφαιρας του ευρύτερου χώρου του Αιγαίου - και οι εσωτερικές δυνάμεις που αναπτύσσονται εντός της λιθόσφαιρας του ευρύτερου χώρου του Αιγαίου (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1999).

Η σεισμικότητα του Ελληνικού χώρου έχει μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές (μεταξύ πολλών άλλων Papazachos et al., 1993; Tselentis & Danciu, 2010; Chalkias et al., 2014) ενώ υπάρχουν διαθέσιμοι αρκετοί κατάλογοι σεισμών οι οποίοι διαρκώς ενημερώνονται (π.χ. Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1999; Papanastassiou et al., 2001; Makropoulos et al., 2012). Ο μεγαλύτερος σεισμός που έχει αναφερθεί ιστορικά σημειώθηκε το 365 μ.Χ. πλησίον του νοτιοδυτικού άκρου της Κρήτης με μέγεθος (M) 8,3, ενώ ο μεγαλύτερος ενόργανα καταγεγραμμένος έλαβε χώρα στην Αμοργό το 1956 με μέγεθος (M) 7,7. Επίσης, εκτός των καταλόγων, πολύ χρήσιμοι είναι και οι χάρτες χωρικής κατανομής των επικέντρων των σεισμών (όπως αυτοί του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου), οι οποίοι παρουσιάζουν την παρούσα ενεργό τεκτονική και το μέγεθος των σεισμών που αποτελεί το μέτρο αυτής της δραστηριότητας, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό την κατανόηση των τεκτονικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής (Makropoulos & Burton, 1984; Chalkias et al., 2014).

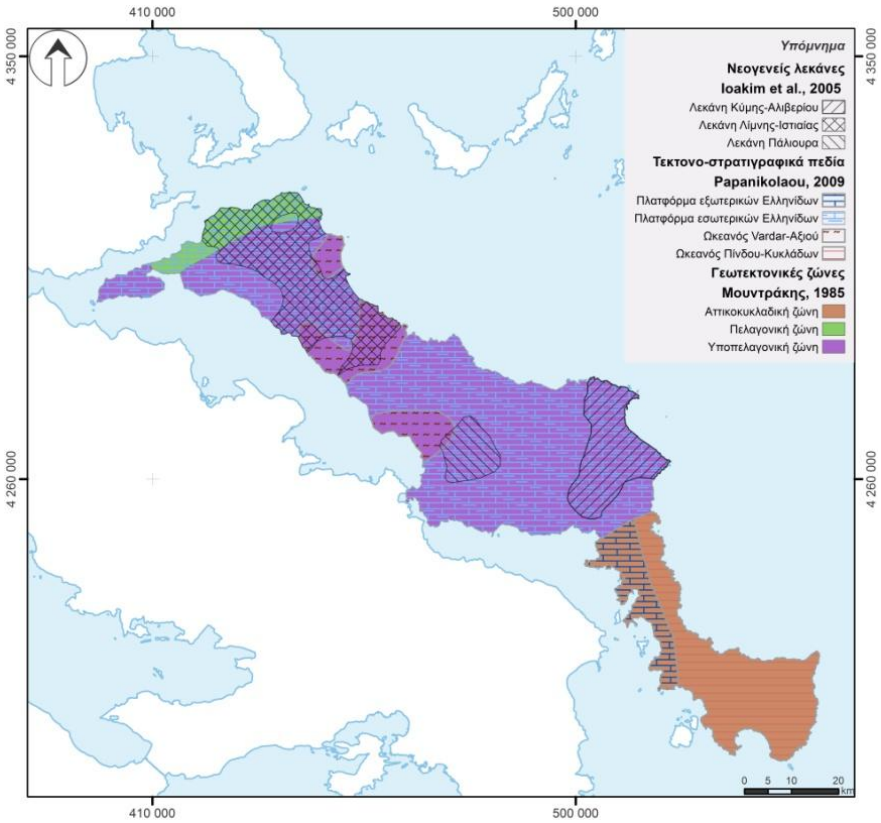
2.2 Γεωτεκτονική δομή της βόρειας Εύβοιας

Οι Ελληνικές οροσειρές του Διναρικού κλάδου του αλπικού συστήματος ορέων διακρίθηκαν αρχικά σε γεωτεκτονικές ζώνες με βάση τα αλπικά ιζήματα και την παλαιογεωγραφική εξέλιξη κάθε μιας, ενώ αργότερα η διάκριση στηρίχθηκε στο ρόλο της κάθε ζώνης στο σύστημα της γεωδυναμικής εξέλιξης.

Σύμφωνα με το Μουντράκη (1985) η βόρεια και κεντρική Εύβοια ανήκει στην Υποπελαγονική ζώνη ή ζώνη Ανατολικής Ελλάδας, ένα μικρό τμήμα της βορειοανατολικής Εύβοιας στην Πελαγονική, ενώ η νότια Εύβοια ανήκει στην Αττικοκυκλαδική. Και οι τρεις αυτές ζώνες ανήκουν στις εσωτερικές Ελληνίδες γιατί καλύπτουν τα εσωτερικά - Ανατολικά - τόξα των Ελληνίδων οροσειρών και γιατί έχουν υποστεί επιπλέον την πρώιμη ορογενετική δραστηριότητα, η οποία πτύχωσε και ανέδυσε προσωρινά τις οροσειρές των ζωνών αυτών κατά το άνω Ιουρασικό-κάτω Κρητιδικό. Η ανάδυση και η χέρσευση διήρκησε μερικά εκατομμύρια χρόνια στο κάτω Κρητιδικό κατά την οποία αποτέθηκαν τα σιδηρονικελιούχα

λατεριτικά κοιτάσματα από την αποσάθρωση των οφιολίθων. Ακολούθησε η μέσο-άνω Κρητιδική επίκλυση της θάλασσας η οποία κάλυψε τις Εσωτερικές ζώνες και απέθεσε ιζήματα ασύμφωνα πάνω στα προϋπάρχοντα με παρεμβολή ενός κροκαλοπαγούς βάσης. Μετά το τέλος του Κρητιδικού, στις αρχές του Τριτογενούς έλαβε χώρα η τελική ορογένεση με πτύχωση και οριστική ανάδυση των ζωνών αυτών (Μουντράκης, 1985).

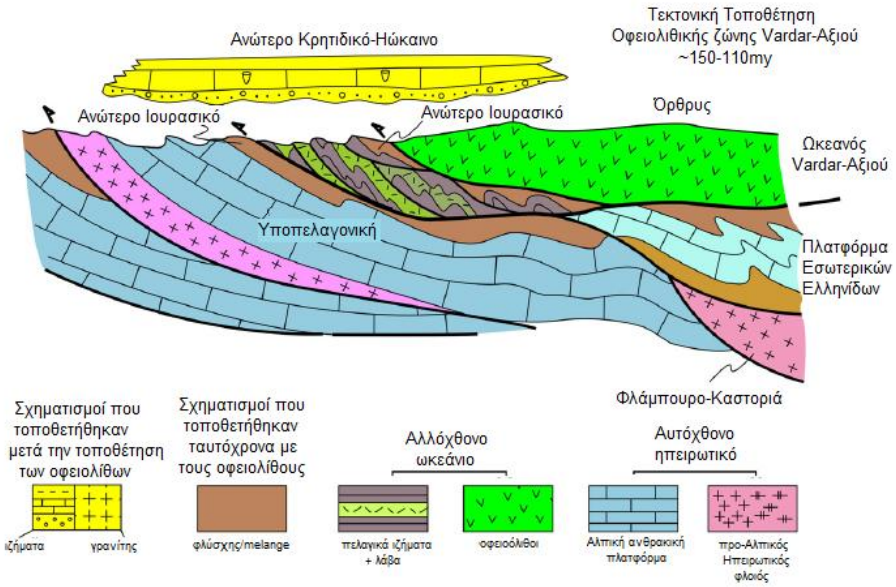
Σύμφωνα με τους Papanikolaou (1997) και Papanikolaou et al. (2009), η παλαιογεωγραφική οργάνωση των Ελληνίδων αποτελείται από τέσσερα ωκεάνια και πέντε ηπειρωτικά τεκτονο-στρατιγραφικά πεδία. Το μεγαλύτερο μέρος της Εύβοιας αντιστοιχεί στην πλατφόρμα των Εσωτερικών Ελληνίδων και μόνο μικρή περιοχή της νότιας Εύβοιας αντιστοιχεί στην πλατφόρμα των Εξωτερικών από την άποψη των ηπειρωτικών πεδίων ενώ απαντώνται επίσης δύο ωκεάνια πεδία τα οποία είναι ο Ωκεανός Vardar-Αξιού στην κεντρική και βόρεια Εύβοια και ο ωκεανός Πίνδου - Κυκλάδων στη νότια (Σχήμα 2.3). Οι οφιόλιθοι ανήκουν στα ωκεάνια πεδία και αντιπροσωπεύουν αλλόχθονα τεμάχη των ωκεάνιων λεκανών που έκλεισαν κατά τη διάρκεια της Μεσοζωικής και της Καινοζωικής περιόδου (Papanikolaou, 2009).



Σχήμα 2.3. Γεωτεκτονικές ζώνες και τεκτονο-στρατιγραφικά πεδία της νήσου Εύβοιας κατά Μουντράκη (1985) και Papanikolaou (2009) αντίστοιχα. Στο σχήμα απεικονίζονται επίσης οι θέσεις των κυριότερων λεκανών ηλικίας Μειόκαινου-Πλειόκαινου της περιοχής σύμφωνα με τους Ioakim et al. (2005).

Κύριο γνώρισμα της Υποπελαγονικής ζώνης, που επικρατεί στην περιοχή μελέτης, αποτελούν οι οφιολιθικές μάζες (που κατά θέσεις εμφανίζονται με όλα τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα πλουτώνια και ηφαιστειακά όπως σερπεντινίτες, χαρτσβουργίτες, δουνίτες, γάββροι, διαβάσες, δολερίτες, κ.ά.). Αυτές συνοδεύονται από τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση (η οποία αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες, αργιλοπηλίτες και παρεμβολές λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστόλιθων-συχνά με παρεμβολές οφιολιθικών σωμάτων ή διεισδύσεις βασικών ηφαιστιτών και τόφφων). Ο κύριος όγκος των οφιολίθων βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και στη βάση τους παρατηρούνται τεκτονικά οφιολιθικά mélanges. Οι εν λόγω μάζες απαντώνται συχνά πάνω σε νηριτικά ανθρακικά πετρώματα ηπειρωτικού περιθωρίου (με τεκτονική επαφή), άλλες φορές βρίσκονται τοποθετημένες πάνω σε πελαγικά ανθρακικά πετρώματα (στις περιπτώσεις αυτές η απόθεση των οφιολιθικών μαζών και της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης διήρκησε όλη την περίοδο του Ιουρασικού), ενώ τέλος απαντώνται χωρίς τεκτονικό υπόβαθρο (στις περιπτώσεις αυτές η απόθεση των οφιολιθικών μαζών και της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης ξεκίνησε από το άνω Τριαδικό) (Μουντράκης, 1985). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην κατανόηση της διαφοράς μεταξύ της ηλικίας των οφιολίθων και της τεκτονικής τους τοποθέτησης, γιατί όπως αναλυτικά περιγράφει ο Papanikolaou (2009), οφιόλιθοι ηλικίας Ιουρασικού, που τοποθετήθηκαν τεκτονικά στο τέλος του Ιουρασικού, θα μπορούσαν να έχουν επανα-δραστηριοποιηθεί επίσης στο τέλος του Ηωκαίνου.

Στις θέσεις όπου εμφανίζεται προ-οφιολιθικό ανθρακικό υπόβαθρο, η αλπική ιζηματογένεση αυτών αρχίζει στο Βερφένιο (κάτω Τριαδικό) με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και παρεμβολές τοφφικών υλικών, συνεχίζει στο κάτω-μέσο Τριαδικό με πελαγικούς ή νηριτικούς ασβεστόλιθους και ολοκληρώνεται στο άνω Τριαδικό με τεφρούς ασβεστόλιθους και δολομίτες. Κατά θέσεις το υπόβαθρο των οφιολίθων δύναται να είναι πελαγικά ή περισσότερο νηριτικά ανθρακικά πετρώματα τυπικά ηπειρωτικού περιθωρίου (μαύροι, τεφροί ασβεστόλιθοι ή πλακώδεις, ωολιθικοί οι οποίοι εναλλάσσονται με ενστρώσεις κερτατολίθων, πηλιτών και πυριτικών μαργών) των οποίων η απόθεσή έγινε κατά το Ιουρασικό (Μουντράκης, 1985). Το σχηματικό τεκτονικό προφίλ της οφιολιθικής ζώνης της βόρειας και κεντρικής Εύβοιας φαίνεται στο σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4. Σχηματικό τεκτονικό προφίλ του ωκεάνιου πεδίου Vardar-Αξιός (ζώνη οφιολίθων βόρειας και κεντρικής Εύβοιας) (τροποποιημένο από Papanikolaou, 2009).

Τα επικλυσιγενή ιζήματα του μέσο-άνω Κρητιδικού, τα οποία προστάτευσαν τα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα και τοποθετήθηκαν ασύμφωνα πάνω στους προϋπάρχοντες σχηματισμούς, αποτελούνται από ένα πρώτο επικλυσιγενές στρώμα που είναι το κροκαλοπαγές βάσης και ακολουθούν νηριτικοί ή πελαγικοί ασβεστόλιθοι ηλικίας άνω Κρητιδικού με παρεμβολές ψαμμιτών ή μαργαϊκών στρωμάτων. Η ιζηματογένεση της ζώνης ολοκληρώνεται με την τελική ορογενετική δραστηριότητα στο τέλος του Ηωκαίνου η οποία ακολούθησε μετά την απόθεση του φλύσχη (ανώτερο Κρητιδικό) (Μουντράκης, 1985).

Μετά τη φάση των αλπικών πτυχώσεων αποτέθηκαν στον Ελληνικό χώρο τα μεταλπικά ιζήματα τα οποία διαχωρίζονται σε μολασσικά Ηωκαίνου-μέσου Ηωκαίνου και σε ιζήματα Νεογενών και Τεταρτογενών λεκανών. Στην Εύβοια υπάρχει μια από τις σπουδαιότερες λιγνιτοφόρες λεκάνες της Ελλάδας, η λεκάνη Κύμης-Αλιβερίου με λιγνιτικά κοιτάσματα ηλικίας κάτω Μειόκαινου τα οποία υπόκεινται συνεκτικών μαργών με ενστρώσεις ψαμμίτη και υπέρκεινται αργίλων με ενστρώσεις μαργαϊκών ψαμμιτών (Ioakim et al., 2005). Στην περιοχή έρευνας, εντοπίζεται επίσης η λεκάνη Πάλιουρας-Γίδες με ιζήματα ηλικίας μέσο-άνω Μειόκαινου τα οποία στα κατώτερα στρώματα αποτελούνται από μάργες και ασβεστόλιθους με στρώματα λιγνίτη και στα ανώτερα από ψαμμίτες και κροκαλοπαγή ποταμολιμναίας προέλευσης (Ioakim et al., 2005) (Σχήμα 2.3). Επιπλέον στη βόρεια Εύβοια απαντάται και η λεκάνη Λίμνης-Ιστιαίας ηλικίας Πλειόκαινου που αποτελείται από πλευρικές παρεμβολές

(σφήνες < 1 χλμ) αλλουβιακών ποταμολιμναίων σχηματισμών (Gournet, 1971; Katsikatsos et al., 1981; Bradley et al., 2013) (Σχήμα 2.3).

2.2.1 Η λιθοστρωματογραφία της βόρειας Εύβοιας

Στο σχήμα 2.11 παρατίθεται ο λιθολογικός χάρτης που έχει προκύψει από την ψηφιοποίηση των ορίων των γεωλογικών σχηματισμών από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50000, φύλλα Πελασγία (Μύλοι), Ιστιαία, Λίμνη, Λάρυμνα, Ψαχνά-Πήλιο, Χαλκίδα και Κύμη και από τον γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας κλίμακας 1:500000. Για την απεικόνιση του αναγλύφου έχει χρησιμοποιηθεί το σκιασμένο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης (η θέση της πηγής φωτός είναι σε ύψος 45^{o} από τον ορίζοντα) όπως προέκυψε από το ΨΜΕ με διάσταση καννάβου στο έδαφος 5 μ, το οποίο χορηγήθηκε από την Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε. (Copyright ©2012, National Cadastre and Mapping agency S.A.). Από τη μελέτη του χάρτη είναι δυνατό ακόμη να βγουν συμπεράσματα που αφορούν τη σχέση γεωλογίας – μορφολογίας του αναγλύφου, αλλά το παρόν κεφάλαιο θα περιοριστεί στην αναφορά και στην περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή μελέτης.

Η στρωματογραφική διάρθρωση στην περιοχή μελέτης ποικίλει σημαντικά. Συνοπτικά μπορεί να αναφερθεί πως από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς στην περιοχή του όρους Δίρφυς απαντάται τεκτονικό mélange το οποίο σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια των μετα-Ηωκαινικών συμπιεστικών φάσεων των εσωτερικών Ελληνικών και αποτελείται από φυλλίτες, σχιστόλιθους, μεταψαμμίτες, μεταγραουβάκες και μάρμαρα και γρανίτες, ακολουθούν σχηματισμοί των περιόδων Ιουρασικού – Τριαδικού αποτελούμενοι από πλακώδεις, νηριτικούς, ημιπελαγικούς ασβεστόλιθους και από την ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά, ακολουθούν σχηματισμοί Κρητιδικής ηλικίας, λατερίτες, σερπεντινίτες, πελαγικοί ασβεστόλιθοι, φλύσχης και στα ανώτερα στρώματα απαντώνται μάργες, τραβερτίνης και κροκαλολατυποπαγή του ανώτερου Μειόκαινου. Στην περιοχή του όρους Κανδήλι απαντώνται ασβεστόλιθοι και δολομίτες ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού, ακολουθούν επικλυσιγενείς ασβεστόλιθοι, σχιστοκερατολιθική διάπλαση και περιδοτίτες Κρητιδικής ηλικίας και στα ανώτερα στρώματα απαντώνται Νεογενή ιζήματα και αλλουβιακές αποθέσεις. Ακολούθως στην περιοχή Λίμνη απαντώνται ασβεστόλιθοι Τριαδικής-Ιουρασικής ηλικίας, ακολουθούν εναλλαγές πηλιτών και κεραμόχρωμων κερατολίθων και τεκτονικά

τοποθετημένοι σχηματισμοί ωκεάνιου φλοιού και περιδοτίτες με κοιτάσματα λευκόλιθου που αποτελούν το προ-ανωκρητιδικό τεκτονικό κάλυμμα και σε αυτό επικάθεται το σύστημα ποταμολιμναίων αποθέσεων Νεογενούς ηλικίας και αλλουβιακές αποθέσεις. Στην περιοχή Αιδηψός-Ήλια (νότια πλευρά όρους Τελέθριο) στο προλιθανθρακοφόρο κρυσταλλικό υπόβαθρο των γνευσίων επικάθεται η σειρά επιζωνικών μεταμορφωμένων πετρωμάτων αποτελούμενη από αρκόζες, σχιστολίθους και φυλλίτες με ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και σε αυτή πρασινίτες-πρασινόλιθοι (βασικά εκρηξιγενή πετρώματα) επίσης με ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστόλιθων. Τέλος στο ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης, μεταξύ των περιοχών Πευκί και Αγκάλη, μετά από μία μεγάλη σειρά ασβεστόλιθων ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού απαντάται ένα σύστημα από αργιλομαργαϊκούς σχιστολίθους, τοπικά δυναμικά μεταμορφωμένους ψαμμίτες, ασβεστόλιθους, κερατολίθους και διαστρώσεις κροκαλοπαγών με κροκάλες οφιολίθου, περιδοτίτη, σερπεντινίτη και με κοιτάσματα μαγνησίτη, ηλικίας κάτω-μέσο Ιουρασικού. Στο εν λόγω σύστημα επικάθονται ασβεστόλιθοι και κατά θέσεις δολομίτες ανώτερου Ιουρασικού και το - νεότερο στη στρωματογραφική στήλη - σύστημα ποταμολιμναίων αποθέσεων ηλικίας ανώτερου Μειόκαινου-Πλειόκαινου που περιλαμβάνει σχηματισμούς μαργών, αμμούχων μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών.

Η περιγραφή των προ-αλπικών, των αλπικών και των μετά-αλπικών σχηματισμών που ακολουθεί, στηρίζεται στους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ (τα φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στην αρχή του κεφαλαίου) και είναι σχετικά συνοπτική. Επιλέον έχουν ληφθεί υπόψη διδακτορικές διατριβές που έχουν εκπονηθεί στην περιοχή (π.χ σχετικά με τη μελέτη του ρυθμού διάβρωσης των υπερβασικών, των ηφαιστειακών πετρωμάτων της περιοχής και της γεωδυναμικής της εξέλιξης κατά το Περμοτριαδικό, από τους Βουτσή (2011), Παπαγιανοπούλου (1971) και Σιδέρη (1986) αντίστοιχα) αλλά και λεπτομερείς/εκτενείς έρευνες που αφορούν τη στρωματογραφία γενικότερα (π.χ. De Bono et al., 2001), το οφιολιθικό σύμπλεγμα (π.χ. Gartzos et al., 2009), τους Νεογενείς σχηματισμούς (π.χ. Kissel et al., 1986; Μέττος κ.ά., 1991), τα ηφαιστειακά πετρώματα (π.χ. Pe-Piper & Piper, 1994), τις Περμοτριαδικές ακολουθίες (π.χ. Σιδέρης, 1991).

2.2.1.1 Προ – αλπικό υπόβαθρο

Οι προ-αλπικές ενότητες της Υποπελαγονικής ζώνης περιλαμβάνουν τους παρακάτω σχηματισμούς:

- σχιστόλιθοι - γνεύσιοι (Προ-Λιθανθρακοφόρο):

  Αποτελούν το κρυσταλλικό υπόβαθρο καταλαμβάνοντας μεγάλη έκταση και περιλαμβάνουν εκτός των βιοτιτικών γνευσίων και γνευσιοσχιστόλιθους αδροκρυσταλλικούς που κατά θέσεις μεταπίπτουν σε μιγματίτες. Κατά θέσεις απαντώνται αμφιβολίτες και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι, ενώ το υπόβαθρο διασχίζεται από φλέβες βασικών εκρηξιγενών μη μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Το μέγιστο ορατό πάχος του σχηματισμού αυτού είναι περίπου 800 μ. Απαντώνται στα δυτικά της λεκάνης Ιστιαίας και σε μεγαλύτερη έκταση μεταξύ των περιοχών Λάμαρη, Στενή και Μανίκια.
- κλαστικά πετρώματα (Πέρμιο):

  Σειρά εναλλασσόμενων κλαστικών πετρωμάτων από χονδρόκοκκους και λεπτόκοκκους αρκόζες, γραουβάκες και φυλλίτες που βρίσκονται πάνω από το κρυσταλλικό υπόβαθρο με μικρή μεταμόρφωση. Κατά θέσεις απαντούν κροκαλοπαγή μικρού πάχους που αποτελούνται από τεμάχη γνευσίων και γνευσιοσχιστολίθων, σχιστολίθων και ψαμμιτών. Επίσης, απαντώνται ενστρώσεις μικροκρυσταλλικών ασβεστόλιθων μικρού πάχους, απολιθωματοφόρων, χρώματος τεφρού ή τεφρόμαυρου καθώς και κερατοφυρικοί πράσινοι τόφφοι. Το πάχος της σειράς ποικίλει. Η κύρια εμφάνισή τους είναι στην περιοχή μεταξύ Αιδηψού-Ροβιές.

Οι προ-αλπικές ενότητες ανήκουν στην ομάδα V βάσει του σεισμοτεκτονικού χάρτη της Ελλάδας (ΙΓΜΕ, 1989) με υψηλές ταχύτητες επιμήκων σεισμικών κυμάτων (4300-6000 m/sec) οι οποίες φανερώνουν χαμηλή σεισμική φόρτιση.

2.2.1.2 Αλπικό υπόβαθρο

Οι αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στην Υποπελαγονική γεωτεκτονική ζώνη των Εσωτερικών Ελληνίδων και περιλαμβάνουν ασβεστόλιθους ηλικίας Τριαδικού - Ιουρασικού, οφιολίθους ηλικίας ανώτερου Ιουρασικού - κατώτερου Κρητιδικού και τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση

ηλικίας ανώτερου Ιουρασικού - κατώτερου Κρητιδικού. Κατά τη διάρκεια του ανώτερου Ιουρασικού - κατώτερου Κρητιδικού η ζώνη αναδύθηκε, σχηματίστηκαν σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα και ακολούθως καλύφθηκαν από το μέσο-άνω Κρητιδικό τεκτονικό κάλυμμα το οποίο με τη σειρά του καλύπτεται από επικλυσιγενείς ασβεστόλιθους ηλικίας άνω Κρητιδικού και υπερβασικά πετρώματα (Μουντράκης 1985). Αναλυτικά οι σχηματισμοί του αλπικού υποβάθρου είναι:

- ασβεστόλιθοι-δολομίτες (Τριαδικό-Ιουρασικό):

  Οι ασβεστόλιθοι του Τριαδικού – Ιουρασικού είναι χρώματος τεφρού έως τεφρόλευκου, παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι και το μέσο πάχος τους είναι περίπου 800 μ. Οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται σε μεγάλο μέρος της περιοχής, κυρίως στη χερσόνησο των Λιχάδων, στο όρος Κανδήλι και στο όρος Δίρφυς.
- διαβάσης-δολερίτης (Μεσοζωϊκής ηλικίας):

  Πρόκειται για τόφφους βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων, ηφαιστειακά λατυποπαγή, διαβασικούς προφυρίτες, κεροστιλβίτες και διορίτες. Απαντάται κατά τόπους στη χερσόνησο των Λιχάδων.
- πρασινίτες-πρασινόλιθοι (μέσο Τριαδικό):

  Είναι μεταμορφωμένα επιζωνικά, βασικά εκρηξιγενή πετρώματα, πράσινου και μερικές φορές ιώδους χρώματος, με παρεμβολές σχιστολίθων και φυλλιτών. Πρόκειται για υποθαλάσσιες εκχύσεις βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων κυρίως διαβασικών και βασαλτικών. Κατά θέσεις εντός αυτών απαντούν ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστόλιθων λευκότεφρου μέχρι τεφρού στρώματος. Βρίσκονται στη νότια πλευρά του όρους Τελέθριου και το μέγιστο ορατό πάχος τους είναι μεγαλύτερο των 600 μ.
- σχιστοκερατολιθική διάπλαση (άνω Ιουρασικό-κάτω Κρητιδικό):

  Αποτελεί σύστημα αργιλικών σχιστολίθων, κερατολίθων, ψαμμιτών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων σε λεπτά εναλλασσόμενα στρώματα. Στην περιοχή απαντάται στα ανατολικά του όρους Κανδήλι, μεταξύ των περιοχών Προκόπι και Δάφνη.
- οφιόλιθοι (άνω Ιουρασικό-κάτω Κρητιδικό):

  Απαντούν κυρίως στα ανώτερα στρώματα της διαπλάσεων και αποτελούνται από σερπεντίνες, περιοδοτίτες και διαβάσες. Κατά κανόνα στη βάση τους υπάρχει σύστημα ανάμεικτων σχηματισμών (Mélange) που αποτελείται από σχηματισμούς που συγκεντρώθηκαν από την προώθηση του τεκτονικού καλύμματος. Οι οφιόλιθοι

απαντώνται στο ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης μεταξύ των περιοχών Ψαροπούλι και Αγκάλη, κατά θέσεις στο νότιο τμήμα της και το μεγαλύτερο μέρος βρίσκεται στην περιοχή Λίμνη-Κατούνια και μεταξύ των περιοχών Μαντούδι και Προκόπι.

- κερατόλιθοι-πηλίτες (κάτω Κρητιδικό):

  Εναλλαγές πηλιτών και κεραμόχρωμων κερατολίθων με παρεμβολές κλαστικών και ωολιθικών ασβεστόλιθων που αποτελούν την προς τα πάνω εξέλιξη των ασβεστόλιθων ηλικίας άνω Ιουρασικού. Αποτελούν πολύ μικρές εμφανίσεις στην περιοχή μελέτης.

- βωξιτικά κοιτάσματα (άνω Κρητιδικό):

  Τα βωξιτικά κοιτάσματα της περιοχής έχουν μορφή στρωματοειδών φακών πάνω σε διαβρωσιγενή επιφάνεια και βρίσκονται σύμφωνα κάτω από τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους. Είναι κόκκινοι κεραμόχρωοι και το πάχος τους φτάνει τα 5 μ. Αποτελούν πολύ μικρές εμφανίσεις στην περιοχή μελέτης.

- σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα (άνω Κρητιδικό):

  Τα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα (τα οποία προέρχονται από τη λατεριτική αποσάθρωση των οφιολίθων) βρίσκονται σε συμφωνία κάτω από του ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους και σε ασυμφωνία πάνω από τους προ-κενομάνιους σχηματισμούς ενώ κατά θέσεις παρεμβάλλονται στη βάση των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων. Είναι μετάλλευμα συμπαγές ή και πισολιθικό με λατύπες συνήθως πυριτολιθικές. Το πάχος του φτάνει τα 20 μ.

- ασβεστόλιθοι-δολομίτες (Κρητιδικό):

  Οι ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού είναι επικλυσιγενείς και αποτελούνται από πάνω προς τα κάτω: α) από ασβεστόλιθους λεπτοστρωματώδεις, κίτρινους έως πράσινους, μαργαϊκούς έντονα μικροπτπυχωμένους που μεταβαίνουν βαθμιαία προς ιζήματα φλύσχη, β) από ασβεστόλιθους λεπτο έως μεσοστρωματώδεις κυρίως μαργαϊκούς, κίτρινους έως τεφρούς και στιφρούς, γ) από ασβεστόλιθους παχυστρωματώδεις έως άστρωτους, τεφρούς, καρστικούς με ρουδιστές γενικά αβαθούς θάλασσας και τέλος δ) από ασβεστόλιθους μαργαϊκούς κιτρινωπούς ή κοκκινωπούς, λέπτο έως μεσοστρωματώδεις, μερικές φορές κονδυλώδεις με πλήθος απολιθωμάτων, οι οποίοι αποτελούν χαρακτηριστικό ορίζονται της βάσεως της επίκλυσης.

- φλύσχης (άνω Κρητιδικό):

Πρόκειται για λεπτο- αδροκοκκώδη τουρβιδικό ψαμμίτη, λεπτο- έως μεσοστρωματώδη, χρώματος ανοικτού καστανού έως πρασινωπού, ο οποίος προς τα ανώτερα μέλη αναπτύσσει μεμονωμένες κλαστικές ροές κροκαλοπαγών με κροκάλες ποικίλης σύστασης. Προς τη βάση γίνεται ασβεστρενίτης, πλούσιος σε κόκκους χαλαζία, ασβεστομαργαϊκός, ερυθρωπός έως και ερυθρός, φυλλώδης, πηλιτομαργαϊκός, απολιθωματοφόρος. Το πάχος του φτάνει τα 200 μ Ο σχηματισμός απαντάται σε μικρές εμφανίσεις στη περιοχή της Κύμης και βόρεια των Ψαχνών.

Με βάση το σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας (ΙΓΜΕ, 1989), χαμηλότερες τιμές σεισμικών κυμάτων στο αλπικό υπόβαθρο εντοπίζονται στους σχηματισμούς του φλύσχη (ομάδα III, Vp=1800-3500 m/sec), οπότε σε αυτούς αναμένονται προβλήματα κατά τη σεισμική φόρτιση και οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μεγάλη ετερογένεια καθώς και από μηχανική αντοχή που κυμαίνεται από χαμηλή έως υψηλή. Ακολούθως οι ασβεστόλιθοι ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση ανήκουν στην ομάδα IV με τιμές επιμήκων σεισμικών κυμάτων (3000-4500 m/sec) οι οποίες σχετίζονται με αστάθειες κατά τη σεισμική κίνηση και τέλος οι αργιλικοί σχιστόλιθοι και οι φυλλίτες στην ομάδα V (Vp=4300-6000 m/sec) και οι οφιόλιθοι στην ομάδα IV (Vp=5900-8600), στις οποίες δεν αναμένεται υψηλή σεισμική φόρτιση.

2.2.1.3 Μετά – αλπικά ιζήματα

Μετά το τέλος της αλπικής ορογένεσης ακολούθησε η απόθεση των μεταλπικών ιζημάτων, τα οποία ουσιαστικά συνίστανται από λιμναίας και ποταμοχερσαίας φάσεως αποθέσεις ηλικίας ανώτερου Μειόκαινου – Πλειστόκαινου, ενώ σημαντική είναι επίσης η παρουσία των ηφαιστειακών πετρωμάτων.

Στις εκβολές των ποταμών, καθώς και κατά μήκος των κοιτών των κεντρικών κλάδων, μεγάλων κυρίως, υδρογραφικών δικτύων αναπτύσσονται πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις Ολοκαινικής ηλικίας. Αναλυτικά τα ιζήματα είναι:

- κοιτάσματα λευκόλιθου (Παλαιογενές):

  Τα κοιτάσματα λευκόλιθου (μαγνησίτης) βρίσκονται μέσα στους περιδοτίτες με μορφή τυπικών φλεβών ή πλέγματος φλεβών μεταλλοφορίας και σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της επώθησης των υπερβασικών πετρωμάτων πάνω από τους ασβεστόλιθους

άνω Τριαδικού – κάτω Ιουρασικού από ανερχόμενα διαλύματα προερχόμενα από διάλυση των επωθούμενων.

- τόφφοι δακίτη (Νεογενές):

  Ηφαιστειακά πετρώματα με πιθανή ηλικία αυτή της ηφαιστειακής έκχυσης της λάβας πρόκειται κυρίως για τόφφους βιοτιτικού δακίτη.

- λάβα (Νεογενές):

  Ηφαιστειακά πετρώματα, λάβες δακιτικές, δακιτοειδείς και ανδεσιτικές γενικά κοκκινωπές που συνιστούν ηφαιστειακούς δόμους και ρεύματα καθώς και λατυποπαγή δόμων και αναβλήματά τους. Οι δόμοι διατέμνουν τα κατώτερα τουλάχιστον μέλη των Νεογενών σχηματισμών.

- ανδεσίτες (Νεογενές):

  Οι ανδεσίτες εμφανίζονται εξαλλοιωμένοι κάτω από λεπτόκοκκα μέλη του Νεογενούς συστήματος

- σύστημα ποταμολιμναίων αποθέσεων (Νεογενές):

  Αποτελούν τις Νεογενείς αποθέσεις της περιοχής, είναι λιμναίας ή ποταμολιμναίας φάσης τεφρού ή υποκίτρινου χρώματος και κατά θέσεις καστανέρυθρου και εναλλάσσονται οριζόντια και κατακόρυφα. Στο σύστημα των ποταμολιμναίων αποθέσεων απαντώνται εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών, μαργών και ψαμμιτών, μαργαϊκοί - τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι πάχους 40 μ περίπου, κροκαλολατυποπαγή από ασβεστολιθικές και δολομιτικές κροκάλες και λατύπες, πάχους περίπου 120 μ με και κατά θέσεις παρουσία ολισθόλιθων (μεγάλα ασβεστολιθικά τεμάχη). Η εμφάνισή των σχηματισμών στην περιοχή είναι εκτενής στις λεκάνες Ιστιαίας και Νηλέα, επίσης στην περιοχή Καθενοί και ανατολικά του οικισμού Δάφνη. Σε αρκετές θέσεις στις εν λόγω αποθέσεις, έχουν εντοπιστεί και μελετηθεί απολιθώματα ηλικίας Μειόκαινου που ανήκουν στην πανίδα Hipparion.

- πρόσφατοι κώνοι κορημάτων (Τεταρτογενές):

  Πρόκειται για ασύνδετα υλικά κατά κανόνα αδρομερή και γωνιώδη.

- αλλουβιακές αποθέσεις (Τεταρτογενές):

  Πρόκειται για ασύνδετα υλικά αργιλο-αμμώδη και αμμώδη, καθώς και κροκαλο-λατύπες που αναπτύσσονται στις κοίτες των χειμάρρων. Επιπλέον περιλαμβάνουν ερυθρογαίες με διάσπαρτες κροκαλολατύπες και υλικά χειμαρρωδών αναβαθμίδων

μικρού ύψους. Εντοπίζονται σε ποτάμιες κοιλάδες ανοικτές προς τη θάλασσα ή σε μικρές εσωτερικές λεκάνες, στο δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροπόταμου στην περιοχή της Ιστιαίας, στις εκβολές του ποταμού Νηλέα και στη λεκάνη των Ψαχνών βόρεια της Χαλκίδας.

Οι αλλουβιακές αποθέσεις και οι κώνοι κορημάτων ανήκουν στην ομάδα Ι βάσει του σεισμοτεκτονικού χάρτη της Ελλάδας (ΙΓΜΕ, 1989) με ταχύτητες επιμήκων σεισμικών κυμάτων χαμηλές (300-1400 m/sec) οπότε αναμένονται προβλήματα κάτω από σεισμική φόρτιση, ενώ λίγο υψηλότερες τιμές (1800-3500 m/sec) έχουν τα σεισμικά κύματα στους Νεογενείς σχηματισμούς και στις μάργες που παρουσιάζουν μέτρια συνεκτικότητα και αναμένεται να παρουσιάσουν προβλήματα κατά τη σεισμική κίνηση, κυρίως σχετιζόμενα με την αστάθεια.



Σχήμα 2.5. Αριστερά Νεογενή ιζήματα βόρεια της περιοχής Ψαχνά και δεξιά σχιστοκερατολιθική διάπλαση νότια της περιοχής Προκόπι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 29/08/2020).



Σχήμα 2.6. Αριστερά οφιόλιθοι και δεξιά ασβεστόλιθοι νότια της περιοχής Προκόπι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 29/08/2020).



Σχήμα 2.7. Περιδοτίτες, σερπεντινίτες νότια της περιοχής Ψαροπούλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 29/08/2020).



Σχήμα 2.8. Πρόσφατοι κώνοι κορημάτων στις ΝΔ πλαγιές του όρους Κανδήλι, τοπικά πολύ συνεκτικοποιημένοι στη φωτογραφία δεξιά (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 11/09/2014, προσανατολισμός Α-ΒΑ).



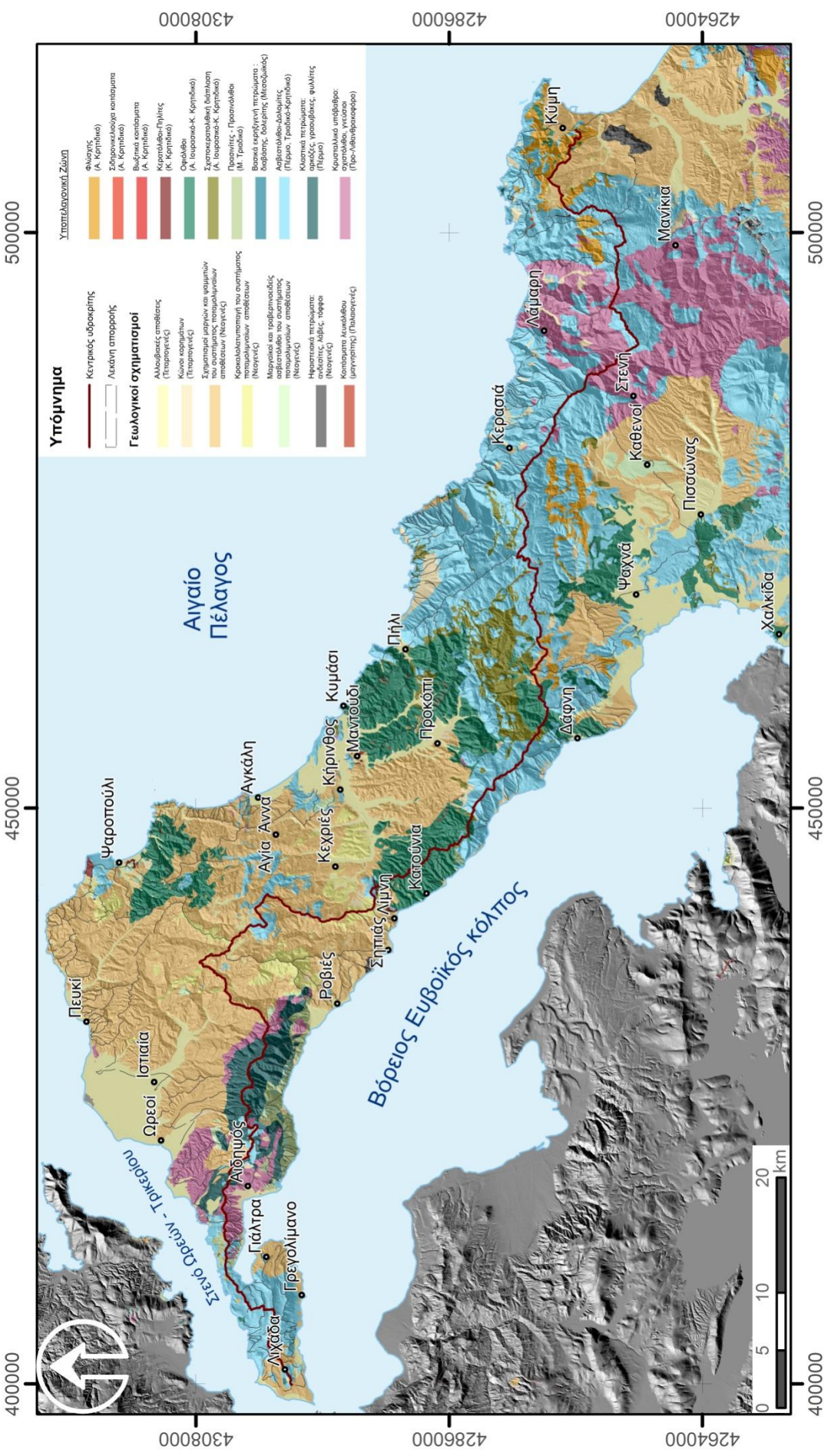
Σχήμα 2.9. Πρασινίτες-πρασινόλιθοι με παρεμβολές σχιστολίθων και φυλλιτών βόρεια της περιοχής Ροβιές στις ΝΔ πλαγιές του όρους Τελέθριο

(ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 11/09/2014, προσανατολισμός Β-ΒΑ).



Σχήμα 2.10. Αριστερά τερφρόμαυροι λεπτο-μεσο στρωματώδεις ασβεστόλιθοι άνω Τριαδικού-κάτω Ιουρασικου ανατολικά της περιοχής Κεχριές και δεξιά πλευρικά κορήματα στις δυτικές κλιτύες του όρους Δίρφυς

(ημερομηνία λήψης της φωτογραφίας αριστερά 25/10/2020, προσανατολισμός Δ και της φωτογραφίας δεξιά 3/10/2020 προσανατολισμός ΒΔ).

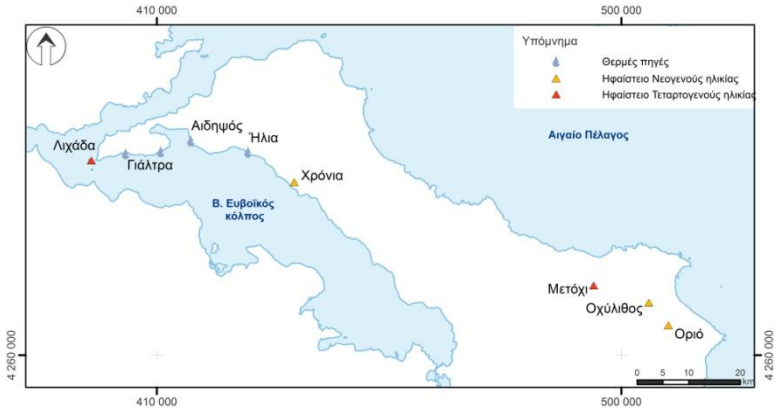


Σχήμα 2.11. Λιθολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης πάνω σε φωτοσκιασμένο ΨΜΕ (hillshade), βασισμένος στους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50000, φύλλα Πελασγία, Ιστιαία, Λίμνη, Λάρυμνα, Ψαχνά-Πήλιο, Χαλκίδα και Κύμη και στο γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας κλίμακας 1:500000 του ΙΓΜΕ.

2.3 Η τεκτονική της βόρειας Εύβοιας

Ο Αιγαιακός χώρος χαρακτηρίζεται από έντονη μαγματική δραστηριότητα η οποία περιορίζεται στις εσωτερικές ζώνες και αφορά τον Καινοζωικό αιώνα ενώ κατά θέσεις εκδηλώθηκε και ηφαιστειακή δραστηριότητα (Παπαδόπουλος, 1982). Στην περιοχή έρευνας εντοπίζονται ηφαιστειακά κέντρα του χώρου του βορείου Αιγαίου και της φάσης κατώτερου-μέσου Μειόκαινου (13,2-23,2 εκατ. χρόνια) (ασβεσταλκαλικές και σονσονιτικές ενδιάμεσες λάβες και πυροκλαστικά υλικά) και ηφαιστειακά κέντρα του νότιου Αιγαιακού τόξου, της φάσης Πλειόκαινου-Τεταρτογενούς (0-5 εκατ. χρόνια) (ανδεσίτες, βασάλτες και ρυόλιθοι ασβεσταλκαλικού χημικού χαρακτήρα) (Μουντράκης, 1985). Συγκεκριμένα η ηφαιστειακή σειρά της περιοχής Οξύλιθος και Οριό είναι ηλικίας κάτω-μέσου Μειόκαινου και αποτελείται από δακίτες και ανδεσίτες (Bradley et al., 2013), ενώ τα ηφαιστειακά κέντρα στην περιοχή Λιχάδες, όπου εμφανίζονται επίσης ανδεσιτικές δομές, είναι ηλικίας Πλειστόκαινου και της περιοχής Χρόνια είναι αμφιβόλου ηλικίας (Karastathis et al., 2011) (Σχήμα 2.12). Με συναξιολόγηση σεισμικών τομογραφιών και αερομαγνητικών δεδομένων οι Karastathis et al. (2011) καθόρισαν μια ζώνη υψηλών θερμοκρασιών σε βάθος 7-8 χλμ η οποία φαίνεται πως είναι η πηγή των ηφαιστειακών φαινομένων της περιοχής.

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα και η ενεργός τεκτονική στην Ελλάδα έχουν δημιουργήσει κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες για συσσώρευση θερμής ενέργειας η οποία εκδηλώνεται κυρίως στις ιζηματογενείς λεκάνες της βορειοανατολικής Ελλάδας και του Αιγαίου πελάγους ως υδροθερμικά συστήματα γεωθερμικών πεδίων χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας (Arvanitis, 2011). Κατά μήκος της ανατολικής ακτής του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου υπάρχουν αρκετές θέσεις γεωθερμικών πεδίων με πιο αντιπροσωπευτικές αυτές των θερμών πηγών στην Αιδηψό (83^{o}C), τα Γιάλτρα (43,5^{o}C) και τα Ήλια (39^{o}C). Η υδροθερμική αυτή δραστηριότητα στη ευρύτερη περιοχή του Ευβοϊκού κόλπου συνδέεται σύμφωνα με τους Karastathis et al. (2011) με τα ρήγματα της περιοχής.



Σχήμα 2.12. Χάρτης με τα ηφαιστειακά κέντρα και τις θέσεις των σημαντικότερων θερμών πηγών της περιοχής (Karastathis et al., 2011).

Η ευρύτερη περιοχή της Στερεάς Ελλάδας θεωρείται ως ένας χώρος που αποτελεί τη ζώνη προσαρμογής μεταξύ της νοτιοδυτικής κίνησης της Ανατολίας - Αιγαίου προς τη Μεσογειακή υποβύθιση και τη βόρεια ζώνη σύγκρουσης με την Απουλία ή αλλιώς όπως συμπεραίνουν οι Le Pichon et al. (1995) είναι μια ζώνη μετάβασης (transition zone) από την αριστερόστροφη περιστροφή της Ανατολίας-Αιγαίου στα νοτιοανατολικά, στη δεξιόστροφη περιστροφή της βόρειας Ελλάδας, βόρεια του Κορινθιακού κόλπου. Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς ο διαφορικός πόλος εντοπίζεται στην Αθήνα και δημιουργεί το άνοιγμα του Κορινθιακού το οποίο αυξάνεται προς τη δύση έως τα 15 χιλιοστά/έτος κοντά στην Πάτρα). Διαφορετικά όπως αναφέρουν οι Roumelioti & Kiratzi (2010), η Εύβοια βρίσκεται στη ζώνη μετάβασης μεταξύ ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης στα ανατολικά (κλάδοι ρηγμάτων βόρειας Ανατολίας) και κανονικών ρηγμάτων στα δυτικά (Στερεά Ελλάδα)

Οι ρηξιγενείς δομές της περιοχής μελέτης αντιστοιχούν σε δύο υποθαλάσσιες αντιθετικές ζώνες κανονικών ρηγμάτων που έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και οι οποίες οριοθετούν το ορεινό ανάγλυφο του βόρειου τμήματος του νησιού και το χωρίζουν από τον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο δυτικά και από το Αιγαίο πέλαγος ανατολικά. Η ρηξιγενής ζώνη του Κανδηλίου-Τελέθριου βρίσκεται στα δυτικά και κλίνει προς τα ΝΔ ενώ στα ανατολικά βρίσκεται η ρηξιγενής ζώνη της Δίρφυος που κλίνει προς τα ΒΑ. Σύμφωνα με τους Roberts και Jackson (1991) η ρηξιγενής ζώνη της Δίρφυος, που εντοπίζεται κατά μήκος του ομώνυμου όρους, είναι περισσότερο ενεργή, έχει μεγαλύτερη μετατόπιση και εκτείνεται υποθαλάσσια προς το βορρά ακολουθώντας την ισοβαθή των 200 μ (Σχήμα 2.13). Τα χαρακτηριστικά όμως της υποθαλάσσιας προέκτασης συνηγορούν πως το τμήμα αυτό είναι λιγότερο ενεργό.

Συμπεραίνεται ότι οι υποθαλάσσιες ρηξιγενείς ζώνες κατά μήκος των ανατολικών και δυτικών ακτών, είναι υπεύθυνες για την εξέλιξη του αναγλύφου της περιοχής μελέτης. Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της βόρειας Εύβοιας όπως τα υδρογραφικά δίκτυα, οι κλιτύες, η παρουσία ποτάμιων αναβαθμίδων και οι ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές δείχνουν πρόσφατη τεκτονική ανύψωση.

Τα κύρια ρήγματα της περιοχής μελέτης, όπως έχουν προταθεί κατά καιρούς από διάφορους συγγραφείς σε συνδυασμό με παρατηρήσεις κατά την έρευνα πεδίου παρουσιάζονται στο χάρτη του σχήματος 2.13. Στον ίδιο χάρτη φαίνεται και ο κεντρικός υδροκρίτης της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα στο χάρτη φαίνεται η πιθανή προέκταση της ζώνης Δίρφυος σχεδιασμένη από τους Roberts και Jackson, (1991), τα "λοιπά ρήγματα" από το χάρτη του Genre (1999) (και αναφορές αυτού ήτοι Genre (1985); Gautier (1995); Popovic (1996)) στα οποία περιλαμβάνονται και ρηξιγενείς ζώνες με διευθύνσεις ΑΒΑ-ΔΝΔ έως ΒΑ-ΝΔ (οι οποίες οριοθετούν τη μορφολογική ταπείνωση του Νηλέα μήκους 17 χλμ και πλάτους 15 χλμ), (συμπεριλαμβανομένων μικρότερων ρηγμάτων στη βόρεια απόληξη της ζώνης τροποποιημένα από προσωπική εργασία πεδίου) οι οποίες έχουν σχεδιαστεί από το χάρτη των Palyvos et al. (2006). Η ρηξιγενής ζώνη Κανδηλίου είναι επίσης σχεδιασμένη από τους Palyvos et al. (2006) και τέλος τα λοιπά ρήγματα έχουν ληφθεί από την ψηφιακή βάση δεδομένων για τα ενεργά ρήγματα της Ελλάδας των Ganas et al. (2013) και από τις εργασίες των Mettos et al. (1991); Galanakis et al. (1998) και Goldsworthy et al. (2002). Σύμφωνα με τους Ganas et al. (2013), το υψηλό επίπεδο διακινδύνευσης αφορά ρήγματα με μήκος >5 χλμ και το μέτριο επίπεδο αφορά ρήγματα με μήκος <5 χλμ και αφορά πόλεις και επικίνδυνες εγκαταστάσεις σε ακτίνα 5 χλμ. Τα μικρότερα ρήγματα της περιοχής, διεύθυνσης Α-Δ και ΒΔ-ΝΑ, ερμηνεύονται από τους Ganas et al. (2014) ως δευτερεύουσες δομές οι οποίες απελευθερώνουν την τάση στο εσωτερικό της Εύβοιας με μετρίου μεγέθους σεισμικές δονήσεις. Να σημειωθεί πως στον χάρτη του σχήματος 2.13 δεν περιλαμβάνονται τα ρήγματα των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50000 καθώς και του σεισμοτεκτονικού χάρτη της Ελλάδας κλίμακας 1:500000 για λόγους ευκρίνειας. Τα ρήγματα αυτά παρουσιάζονται και αναλύονται σε σχετικούς χάρτες της παραγράφου 3.3.6.

Τέλος, η περιοχή μελέτης, με βάση την Ελληνική βάση δεδομένων των σεισμογενών πηγών (GreDass) η οποία αποτελεί ένα αποθετήριο γεωλογικών και τεκτονικών δεδομένων καθώς και στοιχείων των ενεργών ρηγμάτων της Ελλάδας και των γύρω περιοχών, περιλαμβάνει τρεις

κύριες σύνθετες σεισμογενείς πηγές, ήτοι η Στενού Ωρεών, η Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου και η βόρειας Εύβοιας και μία μεμονωμένη, αυτή του ρήγματος των Ψαχνών (Caputo & Pavlides, 2013).

Παρότι ο βόρειος Ευβοϊκός κόλπος δεν εμφανίζει αξιόλογη σεισμική δραστηριότητα κατά την περίοδο 1900-2000 (Papanastassiou et al., 2001) και η περιοχή μελέτης δεν έχει επηρεαστεί πρόσφατα από μεγάλης έντασης σεισμικές δονήσεις, έχουν αναφερθεί αρκετά σημαντικά ιστορικά σεισμικά γεγονότα (Pantosti et al., 2004).

2.3.1 Η τεκτονική τάφρος του βόρειου Ευβοϊκού

Ο βόρειος Ευβοϊκός κόλπος είναι μια ΒΔ-ΝΑ επεκτεινόμενη τάφρος μήκους περίπου 100 χλμ η οποία χωρίζει το νησί της Εύβοιας από την ανατολική Στερεά Ελλάδα που βρίσκεται στα δυτικά του. Μαζί με τον Κορινθιακό κόλπο τεκτονικά τοποθετούνται μεταξύ της ΝΔ κορυφής του ρήγματος της βόρειας Ανατολίας και της ΒΑ κορυφής του ρήγματος Κεφαλληνίας (Sakellariou et al., 2007). Ως εκ τούτου, η εν λόγω Τεταρτογενής δομή που φιλοξενεί μέρος της ΝΔ-ΒΑ επέκτασης του φλοιού της Στερεάς Ελλάδας (Roberts & Jackson, 1991), παρουσιάζει περίπλοκη τεκτονική και αποτελεί σημαντικό γεωμορφολογικό στοιχείο. Επίσης, χαρακτηρίζεται από σημαντική λέπτυνση του φλοιού (που φθάνει τα 19 χλμ) κατά μήκος μιας στενής λωρίδας στο κεντρικό τμήμα του κόλπου, ενώ το πάχος αυξάνεται προς τα βορειοδυτικά σε 32 χλμ και λιγότερο προς τα νοτιοδυτικά (Παπανικολάου κ.ά., 1997). Αναφορικά με το μέσο ρυθμό της επέκτασης του κόλπου, έχει εκτιμηθεί από γεωδαιτικούς υπολογισμούς για το σύνολο της Στερεάς Ελλάδας ότι αυτός είναι γρήγορος, ίσος περίπου με 1 εκ/έτος (Papoulia, 2000), ενώ σύμφωνα με άλλες γεωδαιτικές μετρήσεις ο ρυθμός επέκτασης ανέρχεται σε 1-3 χιλιοστά/έτος (Clarke et al., 1998), ένα εύρος που σύμφωνα με τους Goldsworthy et al. (2002) βρίσκεται σε συμφωνία με γεωλογικές και γεωμορφολογικές παρατηρήσεις.

Η έρευνα των Σακελλαρίου κ.ά. (2006) που αφορά τη μελέτη της διάρθρωσης και της εσωτερική δομής των ανώτερων ιζηματογενών αποθέσεων του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου οδήγησε στο συμπέρασμα πως το στενό των Λιχάδων αποτελούσε ένα φυσικό χερσαίο φράγμα που εμπόδιζε τα νερά του Αιγαίου πελάγους να εισχωρήσουν στην περιοχή κατά τη διάρκεια της τελευταίας Παγετώδους Περιόδου, όταν η στάθμη της θάλασσας ήταν περίπου 120 μ χαμηλότερα από τη σημερινή. Την εποχή εκείνη ο κόλπος αποτελούσε μια

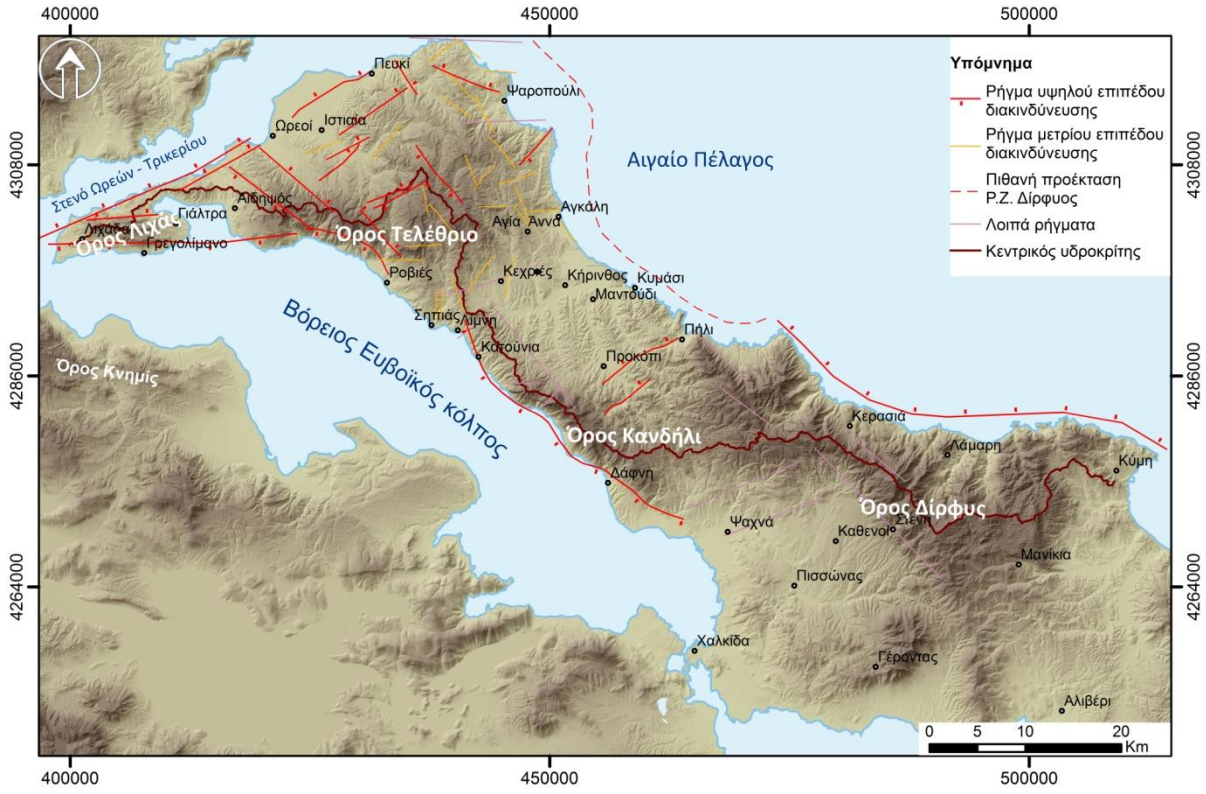
απομονωμένη λεκάνη / λίμνη με τροφοδοσία νερού μόνο από τα υδρογραφικά δίκτυα της γύρω χερσαίας περιοχής (Perissoratis & Conispoliatis, 2003). Η Ολοκαινική θαλάσσια ιζηματογένεση άρχισε για τον Ευβοϊκό κόλπο με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας πάνω από το ελάχιστο βάθος του στενού των Λιχάδων και του Διαύλου Ωρεών. Η εισροή της θάλασσας σύμφωνα με τους Γαϊτάνη κ.ά. (2009) τοποθετείται στο 13250 χρόνια πριν από σήμερα (yrs BP) και η στάθμη της λίμνης υπολογίστηκε στα 90 μ κάτω από το σημερινό επίπεδο. Ακολούθως τα ιζήματα που κάλυψαν τις παλαιότερες αποθέσεις έχουν μετατοπιστεί κατά τουλάχιστον 2-5μ λόγω των κατακόρυφων κινήσεων κατά μήκος δευτερευόντων ενεργών ρηγμάτων, οι οποίες προκλήθηκαν από την έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα της περιοχής (Σακελλαρίου κ.ά., 2006).

Αναφορικά με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου, ο πυθμένας αυτού παρουσιάζει μια ταπείνωση από νότο προς βορρά όπως φανερώνει η υποθαλάσσια μορφολογία (σχήμα 1.1) ενώ τα πρανή του κόλπου αναπτύσσονται ασύμμετρα. Τα βόρεια πρανή (προς την βόρεια Εύβοια) είναι απότομα (οι νότιες παρυφές του Τελέθριου συνεχίζονται υποθαλάσσια σε βάθος μέχρι 450 μ) και τα νότια πρανή (προς τη Στερεά Ελλάδα) είναι ήπιας μορφολογίας (Νομικού κ.ά., 2006). Αναλυτικότερα, το υποθαλάσσιο ανάγλυφο του κόλπου περιλαμβάνει την υφαλοκρηπίδα που στο νότιο τμήμα φθάνει μέχρι το βάθος των 120 μ, ένα οριζόντιο τμήμα λεκάνης ιζηματογένεσης σε βάθος 450 μ, μικρού μήκους καλά αναπτυγμένα υποθαλάσσια φαράγγια στη νότια πλευρά και μορφολογικές ασυνέχειες στα απότομα βόρεια πρανή (Νομικού κ.ά., 2006). Οι Sakellariou et al. (2007) διακρίνουν τρεις (3) επιμέρους λεκάνες στο Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, ήτοι μια δυτική ρηχή με επίπεδο πυθμένα, διεύθυνσης Α-Δ με ασυμμετρία προς νότο, μία κεντρική βαθιά με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ασυμμετρία προς ΒΑ και μία νοτιοανατολική μικρού βάθους με επίπεδο πυθμένα ίδιας διεύθυνσης και ασυμμετρίας με την κεντρική.

Αρκετά κύρια κανονικά ρήγματα διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ, σε μια διαδοχική διάταξη βυθίζονται προς το βορρά κατά μήκος των δυτικών και των ανατολικών ακτών. Σύμφωνα με τους Goldsworthy και Jackson (2001) το παράκτιο σύστημα ρηγμάτων του κόλπου, δηλαδή οι ρηξιγενείς ζώνες Αταλάντης και Κανδηλίου-Τελέθριου, είναι πιθανόν οι περισσότερο ενεργές και πρόσφατες με την πρώτη να παρουσιάζει στοιχεία που αποδεικνύουν πρόσφατη δραστηριότητα. Κατά μήκος του στενού των Ωρεών-Τρικερίου υπάρχει ένα πιθανό κύριο ρήγμα διεύθυνσης Α-Δ. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην ευρύτερη περιοχή, εκτός από τα κύρια

αυτά ρήγματα, υπάρχουν και μικρότερα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ με κινήσεις κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς (Palyvos et al., 2006). Στην ανατολική ακτή του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου τα κανονικά ρήγματα αλλάζουν διεύθυνση βύθισης. Ενώ κοντά στα Καμένα Βούρλα βυθίζονται προς το βορρά, στη συνέχεια βυθίζονται νότια και τέλος κατά μήκος της ακτογραμμής της ΒΑ Εύβοιας ξανά βόρεια (Goldsworthy et al., 2002).

Ο βόρειος Ευβοϊκός κόλπος είναι μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από την απουσία επιφανειακών διαρρήξεων που σχετίζονται με μεγάλα σεισμικά γεγονότα και για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να προσδιοριστούν τα όρια των επιμέρους τμημάτων των ρηξιγενών ζωνών. Πρόσφατη έρευνα που έγινε με την αξιολόγηση δεδομένων τοπικών σεισμολογικών δικτύων έδειξε πως στην περιοχή η τάση δεν απελευθερώνεται με ισχυρούς σεισμούς αλλά με έντονη μικροσεισμική δραστηριότητα, συχνά με σεισμικά σμήνη (Papanastassiou et al., 2001; Papoulia et al., 2006).



Σχήμα 2.13. Τεκτονικός χάρτης κεντρικής και βόρειας Εύβοιας (Roberts & Jackson 1991; Genre 1999; Palyvos et al., 2006; Ganas et al., 2013 και προσωπική εργασία πεδίου).

2.4 Η σεισμικότητα της βόρειας Εύβοιας

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν τη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής της βόρειας Εύβοιας η οποία- αναφορικά με τις θέσεις των επικέντρων που παρουσιάζονται- οριοθετείται από ένα ορθογώνιο με συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87) 530226,35 - 4323392,95/ 530226,35 - 4255593,34/ 371476,03 - 4255593,34 και 371476,03 - 4323392,95 (μ)).

Η σεισμική ιστορία της περιοχής μελέτης δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένη (Ambraseys & Jackson, 1990) ενώ υπάρχει ένα μικρό καταγεγραμμένο ιστορικό σεισμικότητας στη περιοχή μελέτης από τους Παπαζάχος και Παπαζάχου (1999), γεγονότα που δεν φανερώνουν απαραίτητα χαμηλή σεισμικότητα. Περισσότερα στοιχεία για την περιοχή υπάρχουν με την έναρξη της ενόργανης σεισμολογίας, αν και τα δεδομένα αυτής της περιόδου αποκαλύπτουν σχετικά χαμηλού μεγέθους γεγονότα (M<6.0, Σχήμα 2.15).

Για την εκτίμηση της σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής μελέτης ελήφθησαν υπόψη:

- ο πλήρης κατάλογος που εκδίδει το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Αστεροσκοπείου Αθηνών (1964 μέχρι την ημέρα λήψης του αρχείου 21/05/2018) (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, 2018),
- ο κατάλογος των σεισμών της Ελλάδας και των γειτονικών περιοχών των Papazachos et al. (2000),
- ο ανανεωμένος κατάλογος σεισμών των Makropoulos et al. (2012) για την περίοδο 1900-2009 με γεγονότα μεγέθους M > 4,0,
- η ηλεκτρονική βάση δεδομένων της USGS (USGS, 2017) για την περίοδο 21/01/1951 έως 07/04/2017,
- ο κατάλογος Σεισμών του Σεισμολογικού Σταθμού του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου για την περίοδο 550 π.Χ. έως 2010 με σεισμούς μεγέθους Mw>4,5 (Aristotle University of Thessaloniki Seismological Network, 1981),
- ο κατάλογος Σεισμών του Σεισμολογικού Σταθμού του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου για την περίοδο 01/01/1995 έως 30/06/2017 με σεισμούς με μέγεθος ML>2,0 (Aristotle University of Thessaloniki Seismological Network, 1981). Ο κατάλογος περιλαμβάνει

πληροφορίες των σεισμών που έχουν καταγραφεί από το δίκτυο σεισμογράφων του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Α.Π.Θ και για τους οποίους υπάρχουν δελτία σεισμών.

Το γεγονός πως τα περισσότερα χαρακτηριστικά των σεισμών στους καταλόγους παρουσιάζουν διαφορές, οδηγεί στην επιλογή ενός καταλόγου ενόργανων καταγραφών και ενός με ιστορικούς σεισμούς (των δύο πρώτων στην παραπάνω λίστα). Η κατανομή των συχνοτήτων των μεγεθών του πρώτου παρουσιάζεται στο σχήμα 2.14 και οι θέσεις των επικέντρων παρουσιάζονται στους χάρτες των σχημάτων 2.15 και 2.16 αντίστοιχα.

Η μελέτη των συχνότητας των μεγεθών οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι περισσότεροι σεισμοί είχαν μεγέθη Μ=4,0 έως 4,3.

Από τη μελέτη των καταλόγων συνάγεται πως μεγαλύτερος σεισμός από το σύνολο των επικέντρων ήταν μεγέθους Μ=7,0 έλαβε χώρα το 426 π.Χ. σε μικρή απόσταση από το βορειοδυτικό άκρο του νησιού (ακρωτήριο Κηναίο), στο Μαλιακό κόλπο και σημειώνεται με αστέρι στο χάρτη του σχήματος 2.16). Η εν λόγω ακολουθία σεισμών αναφέρεται σε περιγραφές της περιόδου από το Θουκυδίδη ο οποίος αναφέρεται σε ένα τσουνάμι που έπληξε την περιοχή (κυρίως τις Ροβιές) και από το Στράβωνα ο οποίος κάνει αναφορά σε μεταβολές της πορείας ποταμών, σε τσουνάμι και σε καθιζήσεις στην ευρύτερη περιοχή (Stiros et al., 1992). Επιπλέον ο τελευταίος αναφέρει πως μεγάλο μέρος των νησιών Λιχάδες και του ακρωτηρίου Κηναίο βυθίστηκαν, στην Αιδηψό δημιουργήθηκαν νέες πηγές ενώ οι άλλες στέρεψαν για τρεις μέρες και συνολικά οι θάνατοι από αυτήν την καταστροφή ήταν πάνω από 1700 στη Σκάρφεια και περισσότεροι από 750 στο Θρόνιο κοντά στις Θερμοπύλες (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1999).

Οι χάρτες των σχημάτων 2.15 και 2.16 δείχνουν πως η σεισμικότητα συγκεντρώνεται σε τέσσερις (4) περιοχές, ήτοι στην περιοχή των Ψαχνών από τη Δάφνη έως τη Στενή, στην περιοχή του Ευβοϊκού κόλπου μπροστά από το όρος Κανδήλι, στο ΒΑ τμήμα του νησιού μεταξύ των περιοχών Πευκί και Ψαροπούλι καθώς και στο θαλάσσιο χώρο του Αιγαίου πλησίον των περιοχών Αγκάλη και Κήρινθος. Μια αξιοσημείωτη συγκέντρωση μεγάλων ιστορικών σεισμών εμφανίζεται στο Δ-ΒΔ τμήμα της περιοχής μελέτης, όπου δεν εμφανίζονται σεισμικές ακολουθίες μικρού μεγέθους. Επιπλέον παρουσιάζεται μια γραμμική διάταξη των επικέντρων στην περιοχή Κανδηλίου η οποία θα μπορούσε να συσχετιστεί με την ενεργή τεκτονική ζώνη

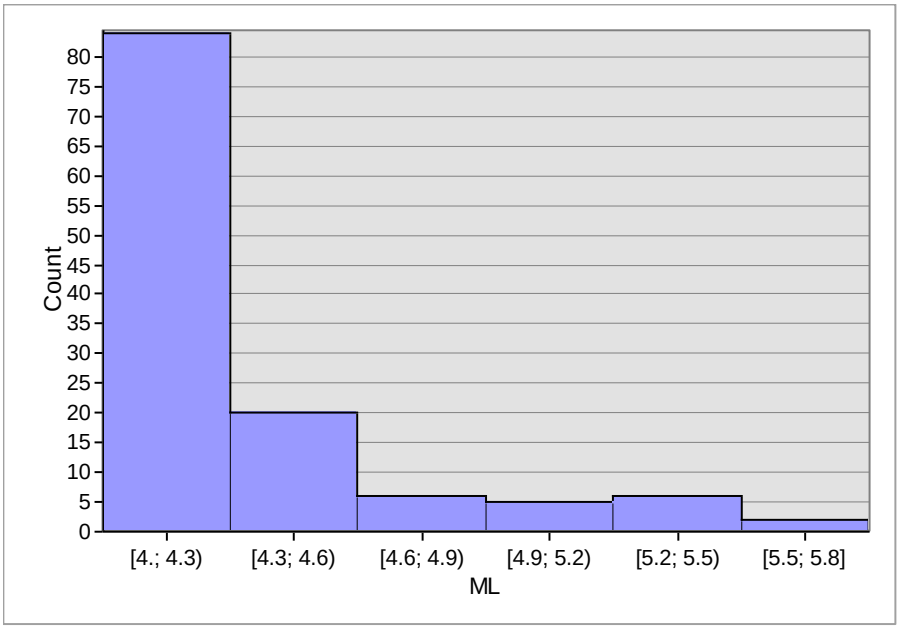
Κανδηλίου διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, όπως έχει σχεδιαστεί από τους Palyvos et al. (2006) καθώς και στην περιοχή Ψαχνών, όπου παρουσιάζεται μια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ η οποία αντιστοιχεί σε ενεργά ρήγματα που περιγράφονται από τους Benetatos et al. (2004). Τέλος γραμμική διάταξη παρουσιάζουν και τα σεισμικά επίκεντρα του ΒΑ τμήματος της περιοχής μελέτης τα οποία φαίνεται να συνδέονται με τη τάφρο του βόρειου Αιγαίου και το ρήγμα της βόρειας Ανατολίας.

Η μικροσεισμική έρευνα των Papoulia et al. (2006) εντόπισε μεγάλο αριθμό γεγονότων σε μικρή περίοδο με μεγάλη ακρίβεια και με βάση αυτές τις παρατηρήσεις χώρισαν την περιοχή σε τρεις ζώνες: Η πρώτη εκτείνεται από την Ερέτρια και το όρος Πάρνηθα έως το ανατολικό άκρο του Κορινθιακού κόλπου, η δεύτερη εκτείνεται από το νησί Σκύρος μέσω της περιοχής Ψαχνά έως τη Βοιωτία και η βορειότερη τρίτη ζώνη εκτείνεται από τις Βόρειες Σποράδες μέσω της βόρειας Εύβοιας και της Λιχάδας έως το Μπράλο και το Σπερχειό της ηπειρωτικής Ελλάδας. Σύμφωνα με τους ίδιους το πεδίο τάσεων και των τριών ζωνών επηρεάζεται από τα δύο συστήματα παραμόρφωσης, ήτοι της τάφρου του βόρειου Αιγαίου (ΒΑ-ΝΔ) και της τάφρου του Κορινθιακού (ΔΒΔ-ΑΝΑ) και άρα ο βόρειος Ευβοϊκό κόλπος και οι γειτονικές περιοχές αποτελούν τη ζώνη προσαρμογής αυτών των δύο πεδίων τάσεων.

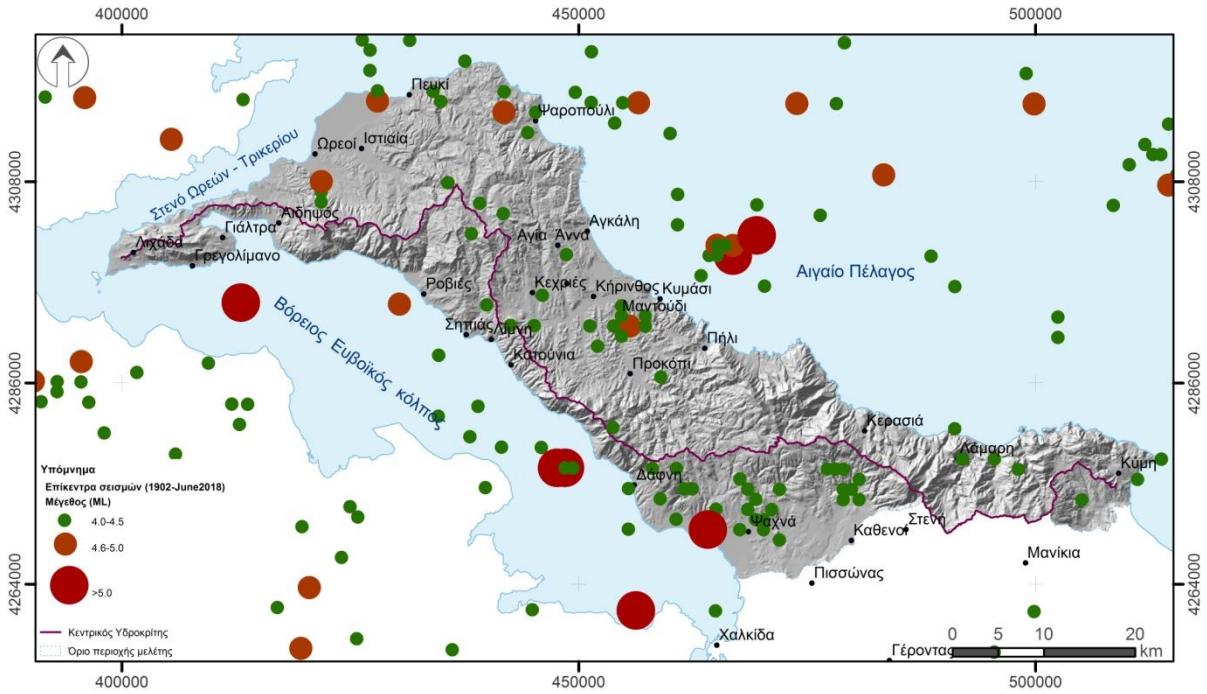
Άλλα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τη συγκριτική μελέτη των σεισμικών γεγονότων με τα ρήγματα της περιοχής προέρχονται από τη σεισμική ακολουθία των Ψαχνών του 2003, η οποία σύμφωνα με τους Benetatos et al. (2004) έδειξε πως η περιοχή επηρεάζεται κυρίως από τα κανονικά ρήγματα της Στερεάς Ελλάδας έναντι των οριζόντιας μετατόπισης μηχανισμών γένεσης. Επίσης, στην περιοχή Μαντουδίου στη ΒΑ Εύβοια, επικρατεί ένα επεκτατικό πεδίο Β-Ν, με λίγους μόνο μηχανισμούς γένεσης οριζόντιας μετατόπισης, το οποίο σύμφωνα με τις Roumelioti & Kiratzi (2010) φανερώνει πως η περιοχή επηρεάζεται κυρίως από το σύστημα κανονικών ρηγμάτων της Στερεάς Ελλάδας

Κλείνοντας το κεφάλαιο που αφορά τη σεισμικότητα, θα πρέπει να αναφερθεί πως για τις περισσότερες περιοχές στον κόσμο, ούτε οι κατάλογοι ενόργανης σεισμικότητας, ούτε η ιστορική σεισμικότητα καλύπτουν το χρόνο σε βαθμό που να επιτρέπεται η έγκυρη πρόγνωση της μελλοντικής σεισμικής δραστηριότητας, παρά μόνο σε πολύ ευρείες περιφερειακές κλίμακες. Αντίθετα όπως απέδειξε με την έρευνά του ο Allen (1975), η γεωλογική ιστορία και συγκεκριμένα αυτή που αφορά την περίοδο του ανώτερου Τεταρτογενούς αποτελεί ένα πολύ

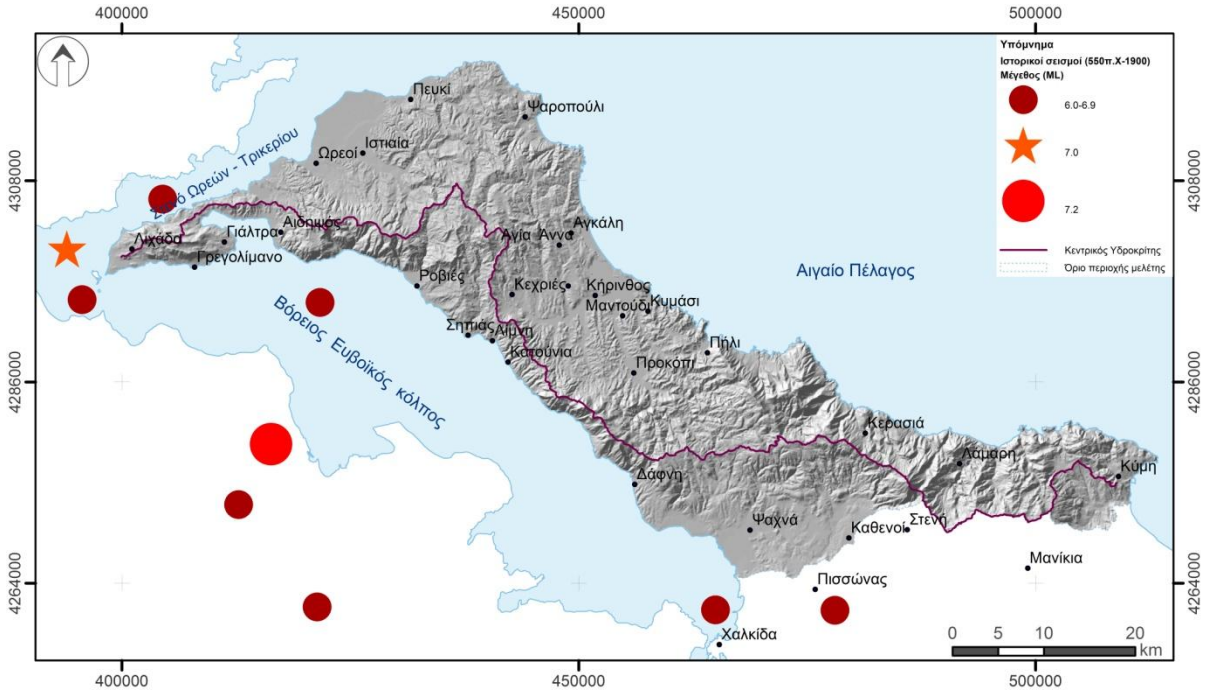
πιο αξιόπιστο εργαλείο για τον υπολογισμό της σεισμικότητας και του σχετιζόμενου με αυτή σεισμικού κινδύνου.



Σχήμα 2.14. Κατανομή των τιμών των μεγεθών όλων των σεισμών που έλαβαν χώρα στην περιοχή μελέτης (για την ακριβή οριοθέτηση βλέπε κείμενο) κατά το χρονικό διάστημα 1902-Ιούνιος 2018 με ML>4.0 (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, 2018).



Σχήμα 2.15. Χάρτης με τα επίκεντρα των σεισμών, μεγέθους ML>4.0, οι οποίοι έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή, από το 1902 μέχρι τον Ιούνιο 2018. Τα στοιχεία έχουν ληφθεί από τον πλήρη κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου (2018).



Σχήμα 2.16. Χάρτης με τα επίκεντρα των ιστορικών σεισμών της ευρύτερης περιοχής, οι οποίοι έλαβαν χώρα μεταξύ 550 π.Χ. και 1900 (Papazachos et al., 2000).

Κεφάλαιο 3.

Γεωμορφομετρία

(Τοπογραφική ανάλυση)

3.1 Εισαγωγή

3.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

3.2.1 Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους στην τοπογραφική ανάλυση

3.2.2 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά

3.2.3 Ταξινόμηση των χαρακτηριστικών αναγλύφου με χρήση τεχνικών ΣΓΠ

3.2.4 Ταξινόμηση αναγλύφου κατά Hammond και Dikau

3.2.5 Τοπογραφικά προφίλ

3.2.6 Ανάλυση τεκτονικών δομών

3.3 Αποτελέσματα τοπογραφικής ανάλυσης

3.3.1 Ανάλυση Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

3.3.2 Ανάλυση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών

3.3.3 Ταξινόμηση χαρακτηριστικών του αναγλύφου περιοχής μελέτης με χρήση τεχνικών ΣΓΠ

3.3.4 Ταξινόμηση του αναγλύφου της περιοχής μελέτης κατά Hammond και Dikau

3.3.5 Τοπογραφικά προφίλ περιοχής μελέτης

3.3.6 Ανάλυση των τεκτονικών δομών της περιοχής μελέτης

3.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

3.1 Εισαγωγή

Η αλληλεπίδραση των μορφών του αναγλύφου ή αλλιώς γεωμορφών (τα χαρακτηριστικά των οποίων αποτελούν βασικά συστατικά των γεωμορφολογικών συστημάτων) με τις διεργασίες, αποτελεί τον πυρήνα της γεωμορφολογίας σύμφωνα με τον Evans (1998) και άρα η έρευνά τους είναι σημαντική.

Η μελέτη των διεργασιών που δρουν στην γήινη επιφάνεια και των γεωμορφών, όπως υπογραμμίζουν οι Wilson & Bishop (2013), προϋποθέτει τον ποσοτικό χαρακτηρισμό της τοπογραφίας του ανάγλυφου και αυτό γιατί ο ρόλος που διαδραματίζει η τελευταία στη διαμόρφωση των δυναμικών συστημάτων της γης (ατμοσφαιρικές, γεωμορφολογικές, υδρολογικές, οικολογικές και γεωλογικές διεργασίες) είναι θεμελιώδης. Το πόσο ισχυρά συνδέονται οι γεωμορφές με τις διεργασίες ποικίλει ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Επίσης, ποικίλει το εάν η σχέση αυτή, μεταξύ διεργασιών και γεωμορφών, αντικατοπτρίζεται στο ανάγλυφο, γεγονός που εξαρτάται από την πολυπλοκότητα της τοπογραφίας. Σε γενικές γραμμές, συνήθως υπάρχει είτε μικρότερη είτε μεγαλύτερη σχέση μεταξύ γεωμορφών και διεργασιών, οπότε η κατανόηση και μελέτη των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης παρέχει σημαντικά στοιχεία για τη διερεύνηση του είδους και της έντασης των διεργασιών (Wilson & Bishop, 2013). Είναι συνεπώς απαραίτητη η ποσοτικοποίηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας και η κατηγοριοποίηση της τοπογραφίας καθώς αυτή αποτυπώνει την αλληλεπίδραση διαφόρων συστημάτων.

Η ποσοτική ανάλυση της επιφάνειας της γης (ή η ποσοτική αναπαράσταση της τοπογραφίας) γίνεται μέσω του υπολογισμού μορφομετρικών παραμέτρων και δεικτών, αξιοποιώντας λογισμικά και μοντέλα που διαχειρίζονται υψομετρικές πληροφορίες (Pike et al., 2009). Η εν λόγω ποσοτική περιγραφή των γεωμορφών αποτελεί γνωστικό αντικείμενο της γεωμορφομετρίας (Tagil & Jenness, 2008), η οποία περιγράφεται ως ένα πολυεπιστημονικό πεδίο που εμπλέκει τις γεωεπιστήμες (κυρίως τη γεωμορφολογία), τα μαθηματικά και τη γεωπληροφορική και αποτελεί σημαντικό εργαλείο για αρκετές επιστήμες όπως η μελέτη περιβάλλοντος, η ωκεανογραφία, οι επιστήμες της γης, ενώ απευθύνεται επίσης σε επιστήμονες και επαγγελματίες διαφόρων ειδικοτήτων όπως στρατιωτικοί, πολιτικοί μηχανικοί κ.ά. (Pike et al., 2009). Όροι που έχουν καθιερωθεί και σχετίζονται με τη γεωμορφομετρία,

που είναι επίσης γνωστή απλά ως μορφομετρία, είναι η ανάλυση του αναγλύφου ή ποσοτική γεωμορφολογία, η ψηφιακή μοντελοποίηση αναγλύφου, ψηφιακή ανάλυση αναγλύφου, μοντελοποίηση γεωμορφών, μοντελοποίηση γήινης επιφάνειας, τοπογραφία επιφάνειας, μετρολογία επιφανείας, ερμηνεία επιφανείας ή αναγλύφου και τέλος ο όρος τοπογραφική ανάλυση (Pike, 2002).

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Wilson & Deng (2008), η ανάλυση του αναγλύφου χρησιμοποιεί υψομετρικά δεδομένα και ειδικότερα ψηφιακά μοντέλα εδάφους τα οποία αποτυπώνουν τη "γυμνή" επιφάνεια της γης και στις περισσότερες περιπτώσεις συσχετίζουν τα χαρακτηριστικά του αναγλύφου με το φυσικό και το δομημένο περιβάλλον. Σύμφωνα με τους ίδιους, η ανάλυση του αναγλύφου συνδέεται στενά με τη χωρική ανάλυση και αποτελεί θεμελιώδη συνιστώσα της επιστήμης των γεωγραφικών πληροφοριών. Η ανάλυση της γήινης επιφάνειας και των γεωμορφών σε συνδυασμό με άλλες πληροφορίες, όπως η γεωλογία, η βλάστηση κ.ά., βοηθούν στην κατανόηση των φυσικών διεργασιών και των χαρακτηριστικών του αναγλύφου και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για το σχεδιασμό του χώρου και τη χωροθέτηση χρήσεων γης. Επιπλέον, είναι προφανής η χρησιμότητα της μορφομετρίας σε γεωμορφολογικές και μορφοτεκτονικές μελέτες όπως η παρούσα καθώς οι πρόσφατα ενεργές νεοτεκτονικές δομές μπορούν να επηρεάσουν την μορφολογία της γήινης επιφάνειας και να αλληλεπιδράσουν με τις γεωμορφολογικές διεργασίες κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του αναγλύφου (Pedrera et al., 2009).

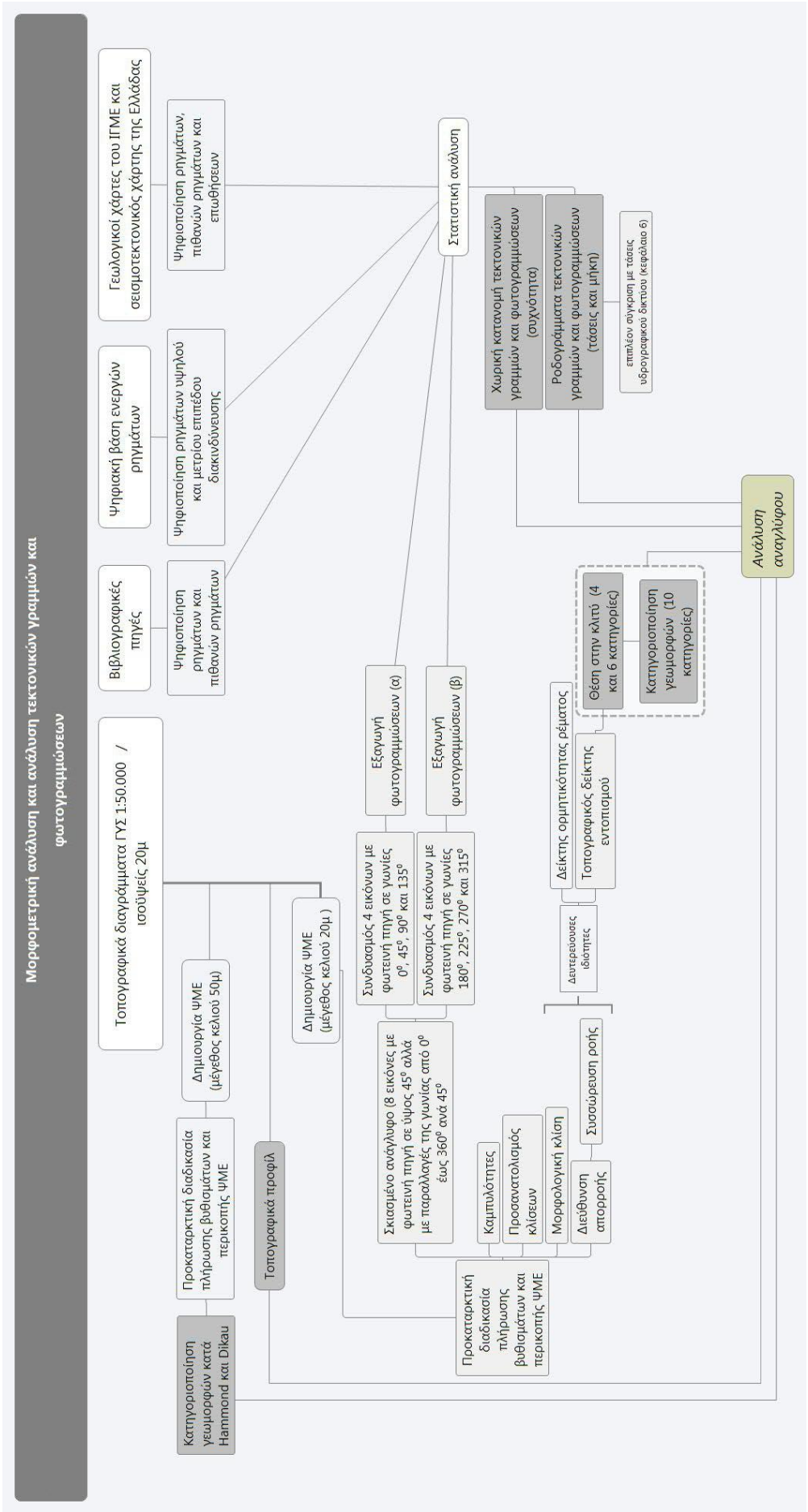
3.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη γεωμορφομετρική ανάλυση, καθώς και την ανάλυση των τεκτονικών δομών της βόρειας Εύβοιας μέσω της ανάλυσης ρηξιγενούς ιστού και φωτογραμμώσεων και παρουσιάζονται θέματα που αποτελούν βασικές έννοιες για την υλοποίηση αυτού του μέρους της διατριβής.

Το ΨΜΕ αποτελεί το κυρίαρχο δεδομένο εισόδου στις ποσοτικές γεωμορφολογικές αναλύσεις οι οποίες υλοποιούνται στα παρακάτω πέντε (5) στάδια (Pike et al., 2009): 1.μετρήσεις υψομέτρου, 2.δημιουργία μοντέλου επιφανείας με χρήση δεδομένων δειγματοληψίας, 3.διόρθωση λαθών στο μοντέλο επιφανείας, 4.εξαγωγή παραμέτρων επιφανείας, 5. εφαρμογή των παραμέτρων και “αντικειμένων” που προέκυψαν.

Τη βάση της ποσοτικής γεωμορφολογικής ανάλυσης του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί το ΨΜΕ (πηγή του οποίου αποτελούν οι τοπογραφικοί χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000- βλέπε υποκεφάλαιο 1.1) και τα παράγωγα αυτού που αφορούν τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά (μορφολογική κλίση, προσανατολισμός κλίσεων, σκίαση αναγλύφου και καμπυλότητες). Έπονται ο τοπογραφικός δείκτης εντοπισμού (ή θέσης) και ο δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων και ακολούθως παρουσιάζονται οι ημι - αυτοματοποιημένες μέθοδοι ταξινόμησης του αναγλύφου και των γεωμορφών με χρήση τεχνικών ΣΓΠ. Τέλος περιγράφεται η μεθοδολογία ταξινόμησης αναγλύφου κατά Hammond και Dikau και τα τοπογραφικά προφίλ και το κεφάλαιο κλείνει με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε για να γίνει η ανάλυση των τεκτονικών δομών της βόρειας Εύβοιας μέσω της ανάλυσης ρηγμάτων και φωτογραμμώσεων.

Στο διάγραμμα ροής του σχήματος 3.1 φαίνονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν προκειμένου να ολοκληρωθεί η ανάλυση αναγλύφου της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 3.1. Διάγραμμα ροής στο οποίο απεικονίζονται αναλυτικά τα στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την ποσοτική μορφομετρική ανάλυσης και την ανάλυση φωτογραμμώσεων.

3.2.1 Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους στην τοπογραφική ανάλυση

Η πιο απλή μορφολογική ανάλυση του αναγλύφου μιας περιοχής περιλαμβάνει τη μελέτη υψομετρικών δεδομένων και μάλιστα σε συνδυασμό με τα παράγωγα αυτών (παράγραφος 3.2.2) δηλαδή το υψόμετρο αποτελεί τη βάση των ψηφιακών μορφομετρικών αναλύσεων του ανάγλυφου (Jordan et al., 2005). Κάθε ψηφιακή αναπαράσταση των συνεχόμενων εναλλαγών του αναγλύφου στο χώρο είναι γνωστή ως Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους - ΨΜΕ (Burrough, 1986). Ο όρος ΨΜΕ αναφέρεται σε χωρικά μοντέλα με συνεχή κατανομή στο χώρο (Χαλκιάς, 2006). Η τεχνολογία των ΨΜΕ χρησιμοποιείται ευρύτατα σε αναλύσεις, επεξεργασία και παρουσίαση πληροφοριών που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον (Χαλκιάς, 2015). Εκτός της λήψης υψομετρικών πληροφορικών και της παρουσίασης των γεωγραφικών δεδομένων στις τρεις (3) διαστάσεις, χρησιμοποιείται επίσης για τον υπολογισμό πολλών άλλων μορφολογικών παραμέτρων και δεικτών μέσω της δημιουργίας παράγωγων χαρτών κλίσης, προσανατολισμού κτλ. Από τη στιγμή που η τεχνολογία των ΣΓΠ έγινε δημοφιλής και ταυτόχρονα υπήρξε διαθεσιμότητα σε ποιοτικά δεδομένα, πρώτα άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα υψομετρικά σημεία και τα τοπογραφικά προφίλ (Pike et al., 2009). Ακολούθως αναγνωρίστηκε η δυναμικότητα της χρήσης των ΨΜΕ, τα οποία πλέον σήμερα αξιοποιούνται ευρέως στη μοντελοποίηση και τη χαρτογράφηση του ανάγλυφου, σε τοπική ή περιφερειακή κλίμακα και ειδικότερα σε μελέτες που αφορούν τις διεργασίες που δρουν στην γήινη επιφάνεια και σε αυτοματοποιημένες μεθόδους εξαγωγής τοπογραφικών και άλλων παραμέτρων.

Οι διαστάσεις των κελιών (μέγεθος κελιού) που επιλέχθηκαν για την ανάλυση που παρουσιάζεται στο παρόν κεφάλαιο είναι 50 μ*50 μ και 20 μ*20 μ και το κοινό σύστημα αναφοράς είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ'87).

3.2.2 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά

Η σύγχρονη γεωμορφομετρία εστιάζει αρχικά στην εξαγωγή/άντληση των παραμέτρων της επιφανείας (ή τοπογραφικών χαρακτηριστικών του αναγλύφου) και ακολούθως στο διαχωρισμό της επιφανείας σε χωρικές οντότητες μέσω της ψηφιακής τοπογραφίας (Wilson & Bishop, 2013). Οι τοπογραφικές παράμετροι μπορούν να χωριστούν σε κύριες και

δευτερεύουσες. Οι πρώτες υπολογίζονται απευθείας από τα υψομετρικά δεδομένα και περιλαμβάνουν μεταβλητές όπως το υψόμετρο, η κλίση και οι καμπυλότητες, ενώ οι δεύτερες (όπως για παράδειγμα ο τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης ή ο δείκτης ορμητικότητας ρέματος) περιλαμβάνουν συνδυασμούς των κύριων παραμέτρων και είναι δείκτες που περιγράφουν ή χαρακτηρίζουν τη χωρική μεταβλητότητα συγκεκριμένων διεργασιών που διαμορφώνουν το ανάγλυφο ή δρουν στην επιφάνεια αυτού (Moore et al., 1991; Wilson & Deng, 2008).

- Μορφολογική κλίση

Μορφολογική κλίση αναγλύφου είναι ο ρυθμός μεταβολής της κλίσης μιας επιφάνειας (δηλαδή ισούται με το λόγο της κατακόρυφης μεταβολής του υψομέτρου ως προς της οριζόντια απόσταση) και μπορεί να οριστεί από ένα επίπεδο εφαπτόμενο σε μια τοπογραφική επιφάνεια (Burrough, 1986). Υπολογίζεται από το ΨΜΕ και μετράται είτε σε μοίρες οπότε παίρνει τιμές από 0^o έως 90^o, είτε σε ποσοστό επί τοις εκτατό οπότε παίρνει την τιμή 100% στις 45^o. Ένας χάρτης κλίσης αποδίδει χρώματα στη γωνία κλίσης του κάθε εικονοστοιχείου και έτσι μπορεί να αναδείξει την επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας στη μορφολογία μιας περιοχής, που πιθανά να μην είναι εμφανής, ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε στατιστικές αναλύσεις με χαρακτηριστικά εύρη γωνιών κλίσης (Kokinou et al., 2013).

- Προσανατολισμός κλίσεων

Ο προσανατολισμός ή η έκθεση μιας επιφάνειας αντιστοιχεί στη διεύθυνση κατά την οποία παρατηρείται ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής του υψομέτρου και μετράται με το αζιμούθιο αυτής της διεύθυνσης, δηλαδή σε μοίρες από 0^o έως 360^o κατά τη φορά του ρολογιού, με προσανατολισμό αναφοράς το βορρά (Χαλκιάς, 2015). Όπως και στον χαρτη μορφολογικής κλίσης, στο χάρτη προσανατολισμού αποδίδονται χρώματα στο αζιμούθιο της διεύθυνσης κλίσης και μπορεί επίσης να παρέχει στοιχεία για την παραμόρφωση (Kokinou et al., 2013).

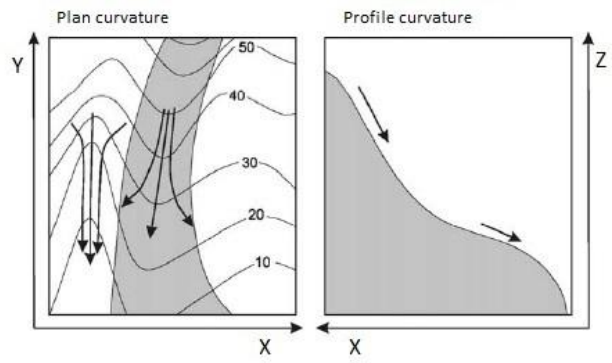
- Σκίαση αναγλύφου

Ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου αποτελεί την ορθογωνική προβολή του ΨΜΕ και για να δημιουργηθεί πρέπει να προσδιοριστεί (και να διατηρηθεί στη θέση αυτή) μια φωτεινή πηγή εισάγοντας αζιμούθιο και ύψος (Χαλκιάς, 2015). Η σκίαση του αναγλύφου είναι πολύ χρήσιμη σε μορφοτεκτονικές μελέτες αφού αυξάνει την αντίθεση διακύμανσης λεπτών εντάσεων των εικόνων - ψευδοτρισδιάστατη εικόνα. Στην παρούσα μελέτη οι περισσότεροι χάρτες έχουν συνδυαστεί με σκιασμένο ανάγλυφο με διαφάνεια, ώστε να δίνεται μια τρισδιάστατη

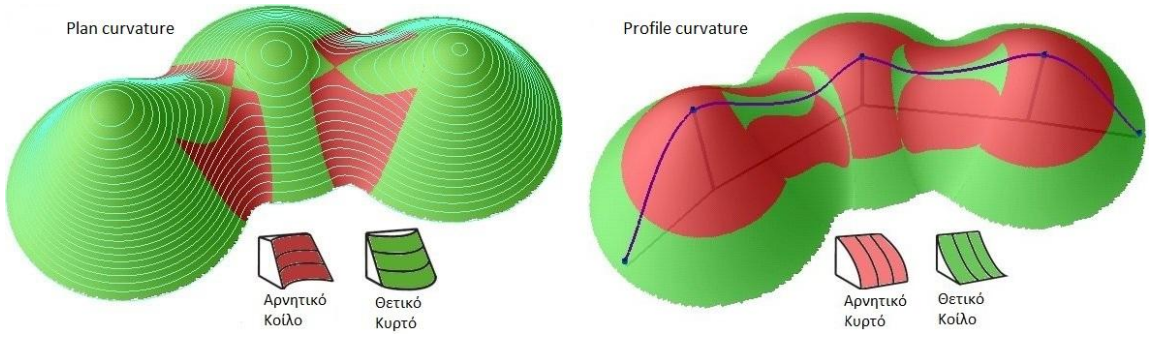
προοπτική άποψη και να βοηθάει στη μελέτη των σχέσεων μεταξύ του εκάστοτε χάρτη και του αναγλύφου. Επιπλέον το σκιασμένο ανάγλυφο έχει χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή των φωτογραμμώσεων. Η μελέτη του σκιασμένου ανάγλυφου βοηθάει να γίνουν αντιληπτές δομές που σχετίζονται με τη γεωλογία και με τη ρηγματογόνο τεκτονική μιας περιοχής (Ganas et al. 2005). Αξιοποιώντας τη σκίαση του αναγλύφου είναι δυνατή η χαρτογράφηση ρηγμάτων ή ακόμη και η απεικόνιση της γεωμορφολογίας κατά μήκος κύριων ενεργών ρηγμάτων (Leeder & Jackson, 1993).

- Καμπυλότητες

Οι καμπυλότητες βασίζονται σε δεύτερες παραγώγους, δηλαδή στο ρυθμό μεταβολής μιας πρώτης παραγώγου, όπως η κλίση ή η έκθεση, συνήθως σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση. Στο σχήμα 3.2 φαίνονται οι καμπυλότητες που υπολογίζονται συχνότερα. Αυτές είναι η καμπυλότητα κάθετα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης (Kc- plan curvature) η οποία ισούται με το ρυθμό μεταβολής της έκθεσης κατά μήκος μιας ισοϋψούς και η καμπυλότητα παράλληλα στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης (Kp- profile curvature) η οποία ισούται με το ρυθμό μεταβολής της κλίσης κατάντη μιας γραμμής ροής-κοίτης- (Gallant & Wilson, 2000). Πρόκειται δηλαδή για δύο μηχανισμούς συσσώρευσης, σύγκλιση ή απόκλιση ροής για την καμπυλότητα κάθετα στη διεύθυνση ροής και σχετική επιβράδυνση ή επιτάχυνση ροής για την καμπυλότητα παράλληλα στη ροή (Shary et al., 2002). Η τελευταία χρησιμοποιείται εκτενώς στο χαρακτηρισμό αλλαγών της ταχύτητας ροής (αρνητικές τιμές για επιβράδυνση και θετικές τιμές για επιτάχυνση επιφανειακής απορροής, αύξηση της κλίσης και αύξηση της μεταφορικής ικανότητας που οδηγούν σε μείωση ευστάθειας πρανών), ενώ η πρώτη παρέχει ένα μέτρο για το πώς το νερό συγκλίνει ή αποκλίνει καθώς ρέει στο ανάγλυφο της περιοχής (Gallant & Wilson, 2000) (θετικές τιμές αντιστοιχούν σε απόκλιση της επιφανειακής απορροής και αρνητικές τιμές σε σύγκλιση γραμμών ροής ή συγκέντρωση κατά θέσεις που συχνά σχετίζονται με τη δημιουργία ελών). Αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι μηχανισμοί συσσώρευσης της ροής με τις τιμές των δύο συνιστωσών της καμπυλότητας φαίνεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.2. Καμπυλότητες κάθετα και παράλληλα στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης (τροποποιημένο σχήμα από Shary et al. (2002)).



Σχήμα 3.3. Συσχέτιση των τιμών των δύο συνιστωσών καμπυλότητας με τους μηχανισμούς συσσώρευσης της ροής (τροποποιημένο σχήμα από Tchoukanski (2016)).

- Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης (TWI)

Ο τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης, ο οποίος είναι επίσης γνωστός με τον όρο σύνθετος τοπογραφικός δείκτης (cti), χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιηθεί η ένταση της ροής και του δυναμικού συσσώρευσης. Για ένα συγκεκριμένο σημείο ισούται με το λόγο του εμβαδού της λεκάνης απορροής που συμβάλλει στο σημείο αυτό προς την κλίση στο σημείο. Υψηλές θετικές τιμές υποδεικνύουν αυξημένη υγρασία, ενώ οι χαμηλές αρνητικές σχετίζονται με πιο ξηρές συνθήκες (Tagil & Jenness, 2008). Ο εν λόγω δείκτης που εισήχθη πρώτη φορά από τους Beven & Kirkby (1979) προκύπτει από την κλίση και τη συσσώρευση ροής βάσει της παρακάτω εξίσωσης (Quinn et al., 1991):

CTI = Ln(("facc_dem" + 0.001) / (("slope_dem" / 100) + 0.001))

όπου facc_dem= συσσώρευση ροής και slope_dem=η κλίση

- Δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων (Spi)

Ο δείκτης ορμητικότητας (ή ισχύος ή ενέργειας) ρέματος είναι στενά συνδεδεμένος με τον δείκτη ύγρανσης και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της διαβρωτική ισχύος του εδάφους. Περιοχές με υψηλές τιμές του δείκτη έχουν μεγάλο δυναμικό για διάβρωση, που σημαίνει πως εάν η δύναμη του ρέματος είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για να μεταφερθεί το διαθέσιμο ίζημα (περιορισμένη παροχή) τότε θα υπάρχει απώλεια ιζήματος και έτσι το ρέμα θα διαβρώνει, ενώ αντίθετα εάν η δύναμη του ρέματος είναι μικρότερη από αυτή που απαιτείται για να μεταφερθεί το διαθέσιμο ίζημα (περιορισμένη μεταφορά) τότε θα υπάρχει περίσσεια ιζήματος και το ρέμα θα προσχώνει (Tagil & Jenness, 2008). Η δευτερεύουσα αυτή ιδιότητα που προκύπτει από την κλίση και τη συσσώρευση ροής, ξεχωρίζει/απομονώνει περιοχές μεγάλων λεκανών απορροής και απότομων κλίσεων και υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση (Moore et al., 1988):

SPI = Ln(("facc_dem" + 0.001) * (("slope_dem" / 100) + 0.001))

όπου facc_dem= συσσώρευση ροής και slope_dem=η κλίση

- Τοπογραφικός δείκτης εντοπισμού/θέσης (TPI)

Ο τοπογραφικός δείκτης εντοπισμού, ο οποίος αναπτύχθηκε από τον Weiss (2001), ισούται με τη διαφορά μεταξύ του υψομέτρου σε ένα κελί και του μέσου υψομέτρου μιας περιοχής που περιβάλλει το κελί αυτό; η περιοχή ορίζεται από αυτόν που υπολογίζει το δείκτη. Οι θετικές τιμές δείχνουν πως το κελί είναι σε μεγαλύτερο υψόμετρο από τη γειτονική ζώνη (ράχη), οι αρνητικές τιμές δείχνουν πως το κελί βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο (κοιλάδα) και τιμές κοντά στο μηδέν (0) αντιστοιχούν είτε σε επίπεδες περιοχές (όταν η κλίση είναι κοντά στο μηδέν) είτε σε περιοχές με σταθερή κλίση (όταν η κλίση στο σημείο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από το μηδέν) (Ilia et al., 2013). Γενικότερα, σύμφωνα με τους Jenness et al. (2013), ο εν λόγω δείκτη παρέχει έναν απλό τρόπο για την ταξινόμηση του αναγλύφου μιας περιοχής σε μορφολογικές τάξεις. Στην παρούσα μελέτη για τον υπολογισμό του Tpi χρησιμοποιείται το λογισμικό των Jenness et al. (2013) και ορίζονται κυκλική γειτονία και ακτίνα 50 μ και 150 μ, αφού μετά από δοκιμές, ήταν αυτές που έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα.

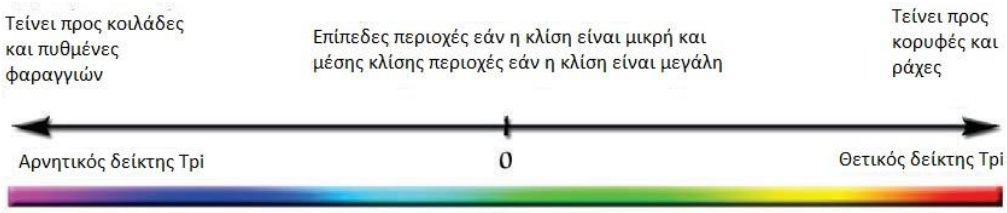
3.2.3 Ταξινόμηση των χαρακτηριστικών αναγλύφου με χρήση τεχνικών ΣΓΠ

Η ταξινόμηση των χαρακτηριστικών του αναγλύφου αποτελεί μια βασική επιστημονική προσέγγιση για την άντληση πληροφοριών και γνώσεων από έναν μεγάλο αριθμό δεδομένων. Ο άνθρωπος έχει γενικά την τάση να ταξινομεί και να κατηγοριοποιεί καθώς με τον τρόπο αυτό αντιλαμβάνεται ευκολότερα αυτό που αποκαλύπτουν οι κατηγορίες σε σχέση με τις συνεχείς αναπαραστάσεις (Strobl, 2008). Κατά παρόμοιο τρόπο λειτουργεί και η ταξινόμηση των γεωμορφών ή των μορφολογικών χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας γενικότερα (η οποία τα τελευταία χρόνια γίνεται εφαρμόζοντας ημι αυτοματοποιημένες τεχνικές). Μειώνει δηλαδή την πολυπλοκότητα σε έναν μικρότερο αριθμό εύκολα αναγνωρίσιμων λειτουργικών μονάδων, από τις οποίες προκύπτουν χρήσιμες πληροφορίες για την επιφανειακή απορροή, τις ιδιότητες του εδάφους ή την σταθερότητα της περιοχής. (Burrough et al., 2000).

Στα εγχειρίδια χρήσης των εργαλείων υπολογισμού του τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού (Tpi), γίνεται σαφές ότι χρησιμοποιώντας τον εν λόγω δείκτη (Tpi) σε διάφορες κλίμακες σε συνδυασμό με την κλίση, είναι δυνατή η ταξινόμηση του αναγλύφου με κριτήριο τόσο την τοπογραφική θέση (κορυφή, κοιλάδα, κα), όσο και το είδος της γεωμορφής (στενό φαράγγι με απόκρημνες πλαγιές, κοιλάδα ήπιας μορφολογικής κλίσης, κ.ά.). Η ταξινόμηση αυτή, η οποία εξαρτάται από την κλίμακα, καθώς και ο δείκτης Tpi (η κλίμακα στον υπολογισμό καθορίζεται από τη γειτονία), έχουν εφαρμοστεί από αρκετούς ερευνητές, (για παράδειγμα μεταξύ άλλων στην Τουρκία από τους Tagil και Jenness (2008) και στην Ελλάδα στην περιοχή της Κύμης στην Εύβοιας από τους Ilia et al. (2013)), σε διάφορες κλίμακες, ακτίνες γειτονίας και με διαφορετικά μεγέθη κελιών των ΨΜΕ (20 μ*20 μ στην πρώτη περίπτωση και 5*5 μ στη δεύτερη αντίστοιχα).

Η πρώτη φάση της ταξινόμησης συνίσταται στον καθορισμό της θέσης στην κλιτύ (θέση στην πλαγιά). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι τιμές του δείκτη Tpi και συγκεκριμένα συνδυάζονται δύο ιδιότητες: το πόσο ακραίες είναι οι τιμές του δείκτη και η κλίση σε κάθε σημείο. Όπως είναι λογικό, υψηλές τιμές του δείκτη αναμένονται σε κορυφές, χαμηλές τιμές αναμένονται στη μισγάγγεια των κοιλάδων (δηλαδή στις κοίτες) και τιμές κοντά στο μηδέν (0) αναμένονται σε επίπεδες επιφάνειες ή σε θέσεις μέσης κλίσης. Για τη διάκριση μεταξύ επίπεδων επιφανειών και θέσεων μέσης κλίσης χρησιμοποιείται η τιμή της κλίσης (Tagil & Jenness, 2008) (Σχήμα 3.4). Το πλέγμα της ταξινόμησης θέσης στην κλιτύ ποικίλει αν και στις

περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιείται αυτό των τεσσάρων (4) κατηγοριών (για παράδειγμα κοιλάδα, επίπεδη επιφάνεια, μέση κλίση και κορυφή) ή των έξι (6) κατηγοριών (για παράδειγμα κοιλάδα, χαμηλή κλίση, επίπεδη περιοχή, μέση κλίση, μεγάλη κλίση, ράχη). Επιπλέον καθορίζεται η τιμή για το κατώφλι του δείκτη Tpi (για την αναγνώριση κορυφών και πυθμένων) και της κλίσης (για τον καθορισμό μεταξύ επίπεδων περιοχών και περιοχών μέσης κλίσης) καθώς επίσης και ο τύπος γειτονίας, η ακτίνα (εάν έχει επιλεγεί κύκλος ή οι διαστάσεις του σχήματος που θα επιλεγεί) και ο τύπος του σχήματος της γειτονίας. Η επιλογή του τύπου δείκτη Tpi που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διατριβή είναι το κανονικοποιημένο υψόμετρο το οποίο ισούται με το λόγο της τιμής του δείκτη προς την τυπική απόκλιση της γειτονίας. Οι μονάδες στην περίπτωση αυτή είναι σε "τυπική απόκλιση" δηλαδή μια τιμή κανονικοποιημένου υψομέτρου ίση με τη μονάδα (1) σημαίνει πως το κελί αυτό είναι μια τυπική απόκλιση υψηλότερο από το μέσο υψόμετρο της γειτονίας του (Jenness et al., 2013). Να σημειωθεί πως ο τύπος γειτονίας που επιλέγεται στην παρούσα εφαρμογή είναι κύκλος που μετριέται από το κέντρο του κελιού σε διάφορες ακτίνες. Με βάση όσα περιγράφηκαν παραπάνω, και εφόσον τα κατώφλια του δείκτη τοπογραφικής θέσης ακολουθούν τις μονάδες αυτού, τα τελευταία θα είναι ίσα με μείον μία (-1) τυπική απόκλιση και με συν μία (+1) τυπική απόκλιση το ελάχιστο και μέγιστο αντίστοιχα (δηλαδή ±SD) ενώ το κατώφλι της κλίσης θα είναι ίσο με δέκα (10) μοίρες για την ταξινόμηση σε τέσσερις (4) τάξεις ενώ για την ταξινόμηση σε έξι (6) τάξεις θα χρησιμοποιηθούν επιπλέον τα κατώφλια -0,5 και 0,5, όπως αναλυτικά φαίνεται στους πίνακες 3.1 και 3.2 .



Σχήμα 3.4. Χρήση τιμών δείκτη εντοπισμού και κλίσης για την ταξινόμηση των κελιών με βάση τη θέση στην κλιτύ (τροποποιημένο από Jenness et al. (2013).

Πίνακας 3.1. Κριτήρια για ταξινόμηση ψηφιδωτών αρχείων σε 4 κατηγορίες με βάση τη θέση στην πλαγιά (μονάδες μέτρησης tpi είναι η τυπική απόκλιση και της κλίσης οι μοίρες) (πίνακας τροποποιημένος από Weiss, 2001).

	Κριτήρια για ταξινόμηση σε 4 τάξεις	
Φαράγγια ή πυθμένας κοιλάδας	Tpi≤-1	
Ήπιες κλίσεις	-1<Tpi≤1	Κλίση<10°
Απότομες κλίσεις	-1<Tpi<1	Κλίση≥10°
Ράχες	Tpi≥1	

Πίνακας 3.2. Κριτήρια για ταξινόμηση ψηφιδωτών αρχείων σε 6 κατηγορίες με βάση τη θέση στην πλαγιά (μονάδες μέτρησης tpi είναι η τυπική απόκλιση και της κλίσης οι μοίρες) (πίνακας τροποποιημένος από Weiss, 2001).

	Κριτήρια για ταξινόμηση σε 6 τάξεις	
Κοιλάδες	Tpi≤-1	
Πολύ χαμηλές κλίσεις	-1<Tpi≤-0,5	
Ήπιες κλίσεις	-0,5<Tpi≤0,5	Κλίση<10°
Απότομες κλίσεις	-0,5<Tpi≤0,5	Κλίση≥10°
Πολύ μεγάλες κλίσεις	0,5<Tpi<1	
Ράχες	Tpi≥1	

Η τελική φάση της ταξινόμησης αφορά στην κατηγοριοποίηση των γεωμορφών και βασίζεται στη χρήση δύο κανάβων του τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού σε διαφορετικές κλίμακες, ώστε να εντοπιστούν οι διαφορετικοί και περισσότερο σύνθετοι τύποι γεωμορφών. Στην παρούσα εφαρμογή θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό κάναβοι με 50 μ και 150 μ ακτίνα γειτονίας ενώ για την ταξινόμηση θα χρησιμοποιηθούν τα κριτήρια που έχουν προταθεί από τον Weiss (2001) και τα οποία φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 3.3, ώστε να ληφθούν έως δέκα (10) κατηγορίες γεωμορφών.

Πίνακας 3.3. Ταξινόμηση γεωμορφών με βάση τις τιμές του δείκτη Tpi και της κλίσης για δύο διαφορετικά μεγέθη γειτονίας (πίνακας τροποποιημένος από Weiss (2001)).

	Κριτήρια για τιμές του δείκτη Tpi και για την κλίση	
	Μικρή ακτίνα γειτονίας \ 50 μ	Μεγάλη ακτίνα γειτονίας \ 150 μ
Φαράγγια, έντονη διάβρωση κλάδων υδρογραφικού δικτύου	Tpi≤-1SD	Tpi≤-1SD
Κλιτύες μέσης κλίσης, μικρού βάθους κοιλάδες	Tpi≤-1SD	-1SD<Tpi<1SD
Ορεινή αποστράγγιση-πηγές	Tpi≤-1SD	Tpi≥1SD
Κοιλάδες μορφής U	-1SD<Tpi<1SD	Tpi≤-1SD
Πεδιάδες	-1SD<Tpi<1SD	-1SD<Tpi<1SD κλίση≤10°
Ανοιχτές κλιτύες	-1SD<Tpi<1SD	-1SD<Tpi<1SD κλίση >10°
Πολύ μεγάλες κλίσεις κλιτύων	-1SD<Tip<1SD	Tpi≥1SD
Τοπικές –μεμονωμένες ράχες, λόφοι σε κοιλάδες	Tpi≥1SD	Tpi≤-1SD
Ράχες ενδιάμεσης κλίσης, μικροί λόφοι σε πεδιάδες	Tpi≥1SD	-1SD<Tip<1SD
Κορυφές βουνών, ράχες	Tpi≥1SD	Tpi≥1SD

3.2.4 Ταξινόμηση αναγλύφου κατά Hammond και Dikau

Η αυτόματη ταξινόμηση των γεωμορφών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα γνωστικά αντικείμενα της γεωμορφολογίας και της υδρολογίας, καθώς παρέχει σημαντικές πληροφορίες που αφορούν την απορροή, τη διάβρωση και τη χαρτογράφηση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον η αυτόματη ταξινόμηση βρίσκει εφαρμογές και σε πολλές ακόμη επιστήμες, όπως η κλιματολογία όπου συνεισφέρει στην ανάπτυξη κλιματικών μοντέλων .

Στην παρούσα παράγραφο περιγράφεται η μεθοδολογία μιας αυτόματης ταξινόμησης των μεγάλης κλίμακας γεωμορφών με τη χρήση του ΨΜΕ, σύμφωνα με τη διεργασία που αναπτύχθηκε από τον Dikau (1989) και τους Dikau et al. (1991), η οποία αυτοματοποιεί τις χειρωνακτικές διαδικασίες του Hammond (Hammond, 1954; Hammond, 1964a; Hammond, 1964β). Μεγάλης κλίμακας γεωμορφές σύμφωνα με τον Dikau (1989) είναι αυτές οι διαστάσεις των οποίων κυμαίνονται μεταξύ 1000 χλμ^2 και 10 χλμ^2. Οι Dikau et al. (1991) δοκίμασαν το μοντέλο που ανέπτυξαν στο Νέο Μεξικό και αναγνώρισαν πως με το σύστημά

τους μπορούν εύκολα να ταξινομηθούν μεγάλες περιοχές ως προς τα γεωμορφολογικά τους χαρακτηριστικά.

Η μέθοδος του Hammond, η οποία έχει γίνει πλέον ευρέως αποδεκτή (Drăguţ & Blaschke, 2006), λαμβάνει υπόψη ποσοτικά στοιχεία όπως η κλίση, το σχετικό ανάγλυφο και ο τύπος του προφίλ με σκοπό να προσδιοριστούν οι διαφορετικές γεωμορφές. Με την αυτοματοποιημένη μέθοδο, το πλήθος των διαφορετικών γεωμορφών που μπορούν να αναγνωριστούν ανέρχεται στις 96, οι οποιες όμως συνήθως ομαδοποιούνται περαιτέρω. Μια τέτοια γενίκευση προτείνεται από τον Brabyn (1998) όπου ξεκινά από το επίπεδο ένα (1) με είκοσι δύο (22) τάξεις, για να φτάσει στο επίπεδο έξι (6) με μόνο δύο (2) τάξεις (πεδιάδες και όχι επίπεδες περιοχές). Στο επίπεδο ομαδοποίησης πέντε (5), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα μελέτη, υπάρχουν τέσσερις (4) τάξεις: πεδιάδες, λόφοι, βουνά και οροπέδια. Αξίζει να σημειωθεί πως για την εν λόγω ταξινόμηση χρησιμοποιήθηκε το ΨΜΕ της περιοχής με μέγεθος κελιού 50 μ*50 μ.

3.2.5 Τοπογραφικά προφίλ

Οι τοπογραφικές τομές ή προφίλ αναπαριστούν το ανάγλυφο κατά μήκος μιας γραμμής και είναι πολύ χρήσιμες στο εντοπισμό των τοπογραφικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής.

Στην περιοχή μελέτης η κατασκευή των προφίλ υλοποιήθηκε με τη χρήση των ισοϋψών καμπυλών 20 μέτρων που ψηφιοποιήθηκαν από τους χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000. Οι τοπογραφικές τομές σχεδιάστηκαν κατά μήκος επιλεγμένων γραμμών, ώστε να καλύπτεται όλη η περιοχή μελέτης, ενώ επιπλέον κατασκευάστηκε η τομή του κύριου υδροκρίτη στον οποίο σημειώνονται οι κορυφές των ορέων, οι θέσεις των κυριότερων ρηγμάτων και οι θέσεις των κατά πλάτος τομών.

3.2.6 Ανάλυση τεκτονικών δομών

Ένα επιπλέον μεθοδολογικό συστατικό της γεωμορφομετρίας και του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί η συλλογή και ανάλυση του ρηξιγενούς ιστού καθώς και των φωτογραμμώσεων της περιοχής μελέτης. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται σε παρόμοιες προσεγγίσεις είναι η περιφερειακή για να γίνεται ευκολότερα κατανοητή η έκταση των τεκτονικών δομών.

Οι γραμμώσεις συνήθως σχετίζονται με ρήγματα ή με γραμμικές ζώνες θραύσης ή παραμόρφωσης. Δηλαδή τα ρήγματα και οι ζώνες διάρρηξης, κατά κανόνα εκφράζονται στην τοπογραφία καθώς επηρεάζουν τη μορφολογία της περιοχής στην οποία βρίσκονται και συνήθως εμφανίζονται ως γραμμώσεις στην επιφάνεια της γης (Florinsky, 2012).

Ο όρος γράμμωση ή φωτογράμμωση χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους O' Leary et al. (1976) για να περιγράψει ένα χαρτογραφήσιμο, απλό ή σύνθετο γραμμικό χαρακτηριστικό της επιφάνειας, του οποίου τα τμήματα είναι τοποθετημένα με ευθύγραμμη ή ελαφρώς καμπυλόγραμμή σχέση και το μοτίβο του οποίου διαφέρει ευδιάκριτα από τα παρακείμενα χαρακτηριστικά της επιφανείας. Οι Masoud & Koike (2006) περιγράφουν τη γράμμωση ως μια φυσική δομή, η οποία αντιπροσωπεύει μια ζώνη δομικής αδυναμίας. Τέλος ο Gupta (2003) συνοψίζει την ερμηνεία της γράμμωσης σε διάφορα γεωλογικά χαρακτηριστικά όπως ζώνες διάτμησης ή ρήγματα, τάφρους, όρια εμφανίσεων γεωλογικών σχηματισμών, ίχνη αξόνων πτυχών, διακλάσεις και ίχνη θραύσεων και σε αλλαγές στην τοπογραφία, στη βλάστηση, στον τύπο των εδαφών κτλ.

Οι τεκτονικές δομές της βόρειας Εύβοιας που καταγράφηκαν και αναλύθηκαν στην παρούσα διατριβή είναι ρήγματα, πιθανά ρήγματα και επωθήσεις, τα οποία προέκυψαν από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ, από το σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας, από βιβλιογραφικές πηγές και από την ανάλυση του σκιασμένου ανάγλυφου της περιοχής. Στην τελευταία περίπτωση, να σημειωθεί πως η αυτοματοποιημένη μέθοδος εξαγωγής φωτογραμμώσεων, αν και δίνει πληροφορίες για τις αρνητικές και θετικές φωτογραμμώσεις, δεν επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ των γραμμικών μορφών που οφείλονται σε ανθρωπογενή δραστηριότητα (δρόμοι, αρδευτικά κανάλια κα) και εκείνων που οφείλονται σε γεωλογικά/φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλο αριθμό γραμμώσεων, (τόσο σε συχνότητα, όσο και σε μήκος) σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους εξαγωγής και αποτύπωσης ανάλογων γραμμικών μορφών (Abdullah et al., 2010). Στις θετικές φωτογραμμώσεις ανήκουν αυτές που ερμηνεύονται ως «θετική τοπογραφία», και περιλαμβάνουν τις κορυφογραμμές, τα μέτωπα, τις ράχες, τα βυθίσματα ή τους κρατήρες, ενώ οι αρνητικές φωτογραμμώσεις αντιστοιχούν σε χαμηλή τοπογραφία και αντιστοιχούν σε ασυνέχειες, ρήγματα και ζώνες διάτμησης (Raj, 1983; Abdullah et al., 2010).

Αναλυτικά ο ρηξιγενής ιστός της βόρειας Εύβοιας προέκυψε:

- από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50000 με ψηφιοποίηση των τεκτονικών στοιχείων και αντίστοιχη ταξινόμησή τους. Τα φύλλα των γεωλογικών χαρτών από τα οποία ψηφιοποιήθηκαν οι τεκτονικές δομές παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 1. Από την πηγή αυτή αντλήθηκαν τα ρήγματα, τα πιθανά ρήγματα και η προ-ανωκρητιδική επώθηση,
- από την ψηφιακή βάση δεδομένων για τα ενεργά ρήγματα της Ελλάδας των Ganas et al. (2013) όπου έχουν κατηγοριοποιηθεί σε υψηλού επιπέδου και μέτριου επιπέδου διακινδύνευσης με κριτήριο το μήκος τους,
- με ψηφιοποίηση από άλλες βιβλιογραφικές πηγές (αναλυτικά φαίνονται στο σχήμα 2.13 και περιγράφονται στην παράγραφο 2.3.1). Συγκεκριμένα από τις βιβλιογραφικές αυτές πηγές προέκυψε η πιθανή προέκταση της ζώνης Δίρφυος, η ρηξιγενής ζώνη Κανδηλίου και τα "λοιπά ρήγματα" τα οποία δεν περιλαμβάνονταν στις δύο παραπάνω πηγές,
- από τη μελέτη των αεροφωτογραφιών, του ΨΜΕ και κυρίως του σκιασμένου ανάγλυφου από το οποίο προέκυψαν οι φωτογραμμώσεις. Η μορφολογική ανάλυση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιείται εκτενώς στις μελέτες που αφορούν την τεκτονική μιας περιοχής και στον εντοπισμό των τεκτονικών γραμμών και κυρίως των ρηγμάτων. Πιο συχνή σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η χρήση αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων (Jordan et al., 2005), αν και σε πολλές περιπτώσεις, κυρίως τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται επίσης το ΨΜΕ, ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου, ο χάρτης μορφολογικών κλίσεων και ο χάρτης προσανατολισμός κλίσεων ή οι καμπυλότητες (Onorati et al., 1992; Ganas et al., 2005). Ωστόσο, πέρα από τις ημι-αυτοματοποιημένες μεθόδους, η οπτική ερμηνεία μέσω της μελέτης του ΨΜΕ ή του σκιασμένου ανάγλυφου είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία για την χαρτογράφηση αυτών των χαρακτηριστικών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προσέγγιση αυτή έχει δεχτεί κριτική σχετικά με την υποκειμενικότητα του μελετητή/ερευνητή που χαρτογραφεί, αλλά και τις ικανότητες που διαθέτει. Παρ' όλα αυτά, με αυτοματοποιημένη ή μη μέθοδο, το σκιασμένο ανάγλυφο αποτελεί την πιο δημοφιλή τεχνική για τον εντοπισμό ρηξιγενών ζωνών και μάλιστα έχει παρατηρηθεί πως είναι πιο αποτελεσματική από την ερμηνεία δορυφορικών εικόνων, τουλάχιστον για τη χαρτογράφηση ρηγμάτων (Florinsky 2012). Η ανάλυση του σκιασμένου ανάγλυφου μπορεί να οδηγήσει στον εντοπισμό έως και του 90% των

ρηγμάτων που έχουν πιστοποιηθεί με γεωλογικές και γεωφυσικές μεθόδους (Onorati et al., 1992). Για το λόγο αυτό στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου, όπως προέκυψαν από το ΨΜΕ με ανάλυση 20 μ και με φωτεινή πηγή σε ύψος 45^{o} αλλά και με παραλλαγές της γωνίας από 0^{o} έως 360^{o} ανά 45^{o}, ώστε να ενισχυθούν οι γραμμώσεις. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί εκτεταμένα δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα (π.χ. Abdullah et al., 2010; Muhammad & Awdal, 2012; Alhirmizy, 2015). Με το τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν δύο (2) εικόνες σκιασμένου ανάγλυφου, οι οποίες αναλύονται περαιτέρω. Η καθεμία εικόνα προκύπτει από υπέρθεση χαρτών σκιασμένου ανάγλυφου τεσσάρων διευθύνσεων φωτισμού; συγκεκριμένα η πρώτη (α) προέκυψε από συνδυασμό εικόνων με φωτεινή πηγή σε γωνίες 0°, 45°, 90° και 135° και η δεύτερη εικόνα (β) προέκυψε από φωτεινή πηγή σε γωνίες 180°, 225°, 270° και 315°. Οι δύο αυτές εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των φωτογραμμώσεων, με αυτοματοποιημένο τρόπο μέσω του λογισμικού PCI Geomatica. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό περιλαμβάνει την ανίχνευση των ακμών, την κατωφλίωση και βήματα εξαγωγής καμπύλης. Για τις δύο εικόνες που εισήχθησαν στο πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκαν οι προεπιλεγμένες παράμετροι και συγκεκριμένα: ακτίνα φίλτρου σε εικονοστοιχεία ίση με 10, κατώφλι για κλίση ακμής ίσο με 100, κατώφλι για μήκος καμπύλης ίσο με 30, κατώφλι για σφάλμα προσαρμογής γραμμής ίσο με 3, κατώφλι για γωνιακή διαφορά ίσο με 30 και κατώφλι για απόσταση σύνδεσης ίσο με 20.

Η στατιστική ανάλυση των τεκτονικών δομών περιλαμβάνει αρχικά τη χωρική κατανομή αυτών, δηλαδή τη συχνότητά τους (για τον υπολογισμό της συχνότητας χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση Kernel), η οποία είναι σημαντική γιατί μπορεί να υποδείξει ζώνες όπου παρατηρείται υψηλότερος έλεγχος από την τεκτονική. Επίσης, σημαντικό ρόλο στη στατιστική ανάλυση παίζει και ο προσανατολισμός των τεκτονικών γραμμών για τον οποίο σχεδιάστηκαν αντίστοιχα ροδογράμματα για το σύνολο ή μέρος των εν λόγω γραμμών.

3.3 Αποτελέσματα τοπογραφικής ανάλυσης

Στο υποκεφάλαιο αυτό συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα του συνόλου της τοπογραφικής ανάλυσης της περιοχής μελέτης, η ανάλυση του ΨΜΕ, η ανάλυση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών, η ταξινόμηση των γεωμορφών, τα τοπογραφικά προφίλ και η ανάλυση των τεκτονικών δομών.

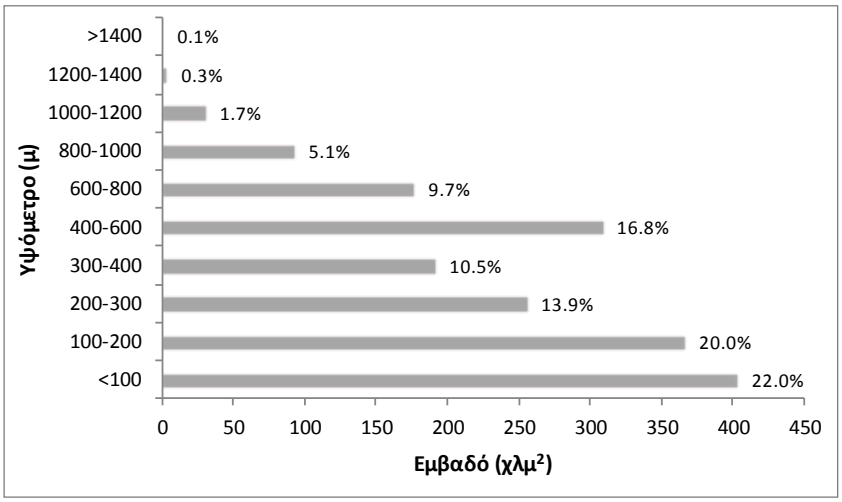
3.3.1 Ανάλυση Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Στην παρούσα μελέτη το ΨΜΕ που χρησιμοποιήθηκε (Σχήμα 3.8), δημιουργήθηκε μετά την ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπυλών (20 μ) των τοπογραφικών χαρτών της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000, με τεχνικές χωρικής παρεμβολής και με ειδικά σχεδιασμένους αλγόριθμους μέσω του προγράμματος Arcmap. Να σημειωθεί πως πριν τη χρήση του ΨΜΕ έγινε συμπλήρωση των βυθισμάτων, ένα θεμελιώδες στάδιο της προεπεξεργασίας κατά το οποίο αναγνωρίζονται και απομακρύνονται τα τοπογραφικά βυθίσματα, με βάση την υψομετρική πληροφορία σε κάθε φατνίο καθώς επίσης και περικοπή στα όρια της περιοχής μελέτης.

Η περιοχή μελέτης έχει συνολική έκταση 1842,3 χλμ^2 και ελάχιστο και μέγιστο υψόμετρο που κυμαίνονται από 0 έως 1736,8 μ. Από το ΨΜΕ δημιουργήθηκε ένας χάρτης υψομέτρων στον οποίο με τη διαδικασία της επανα-ταξινόμησης διακρίθηκαν δέκα υψομετρικές ζώνες όπως φαίνονται στο σχήμα 3.9. Το 83,2% της περιοχής μελέτης έχει υψόμετρο χαμηλότερο από 600 μ, το 16,8% έχει υψόμετρο μεγαλύτερο των 600 μ και μόλις το 2,1% της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης έχει υψόμετρο μεγαλύτερο των 1000 μ. Αναλυτικά η έκταση που καλύπτει κάθε υψομετρική ζώνη και το ποσοστό που καταλαμβάνει καθεμιά στο σύνολο της περιοχής μελέτης φαίνονται στον πίνακα 3.4 και στο ραβδόγραμμα του σχήματος 3.5. Το μεγάλο ποσοστό που παρατηρείται στα χαμηλά υψόμετρα οφείλεται στις εκτενείς Νεογενείς λεκάνες της περιοχής μελέτης η γεωγραφική κατανομή των οποίων φαίνεται στο σχήμα 2.3.

Πίνακας 3.4. Κατανομή έκτασης και ποσοστού κάθε υψομετρικής ζώνης στην περιοχή μελέτης.

Υψόμετρο (μ)	Εμβαδό (χλμ^2)	Έκταση (%)
<100	404.5	22.0
100-200	367.7	20.0
200-300	257.0	13.9
300-400	192.9	10.5
400-600	310.1	16.8
600-800	177.8	9.7
800-1000	93.9	5.1
1000-1200	31.6	1.7
1200-1400	4.8	0.3
>1400	2.0	0.1



Σχήμα 3.5. Ραβδόγραμμα που παρουσιάζει το ποσοστό και την έκταση που καλύπτει κάθε υψομετρική ζώνη στην περιοχή μελέτης.

3.3.2 Ανάλυση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών

Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά που αναλύονται στη συνέχεια περιλαμβάνουν την κλίση, τον προσανατολισμό, τη σκίαση αναγλύφου, τις καμπυλότητες, τον τοπογραφικό δείκτη ύγρανσης και το δείκτη ορμητικότητας ρεμάτων.

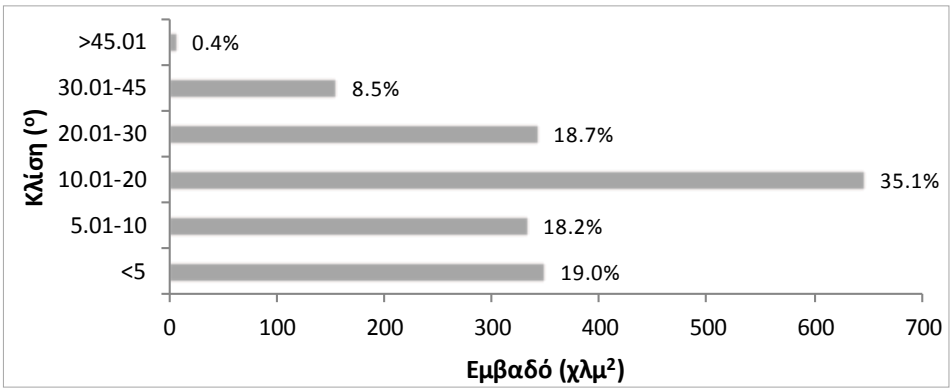
- Κλίση

Ο χάρτης κλίσεων της περιοχής μελέτης (Σχήμα 3.10) ταξινομήθηκε σε έξι κατηγορίες όπως αναλυτικά φαίνεται στον πίνακα 3.5 και στο σχήμα 3.6. Η μέγιστη κλίση που απαντάται στην περιοχή φθάνει τις 68,85^o και μόλις το 0,4% της συνολικής έκτασης της περιοχής έχει κλίσεις

μεγαλύτερες των 45°. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από χαμηλές έως μέσες κλίσεις δηλαδή 0°-10° και 10°-20° αντίστοιχα. Οι χαμηλές κλίσεις εντοπίζονται στις Νεογενείς λεκάνες στο βόρειο, στο ανατολικό και στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, ενώ οι μεγαλύτερες κλίσεις εντοπίζονται στις πλαγιές του όρους Δίρφυς και Κανδήλι στο νοτιοανατολικό και στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης αντίστοιχα, υποδηλώνοντας μια σημαντικά πιο απότομη μορφολογία.

Πίνακας 3.5. Τάξεις κλίσεων, ποσοστά και έκταση που καταλαμβάνουν στην περιοχή μελέτης.

Κλίση (°)	Εμβαδό (χλμ^2)	Έκταση (%)
<5	350.8	19.0
5.01-10	334.5	18.2
10.01-20	647.5	35.1
20.01-30	344.5	18.7
30.01-45	156.8	8.5
>45.01	8.2	0.4



Σχήμα 3.6. Ραβδόγραμμα που παρουσιάζει το ποσοστό και την έκταση που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη κλίσεων.

- Προσανατολισμός κλίσεων

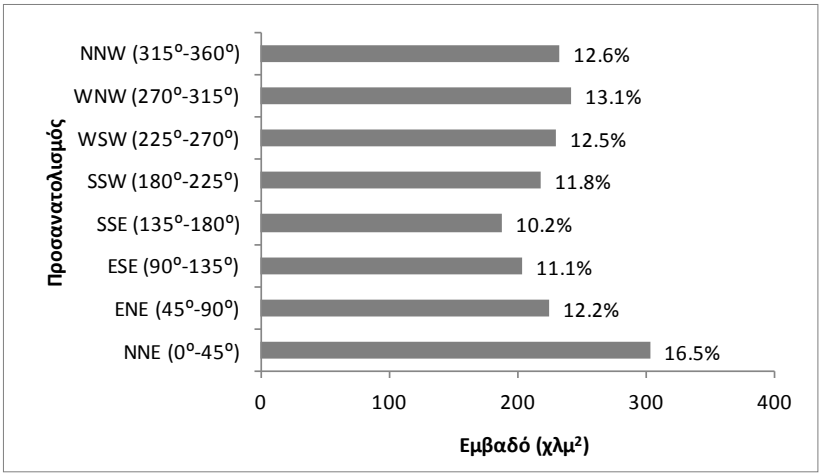
Τα δεδομένα προσανατολισμού κλίσεων εκτός από τον προσανατολισμό, είναι δυνατό να παρέχουν επιπλέον πληροφορίες γιατί όντας ανεξάρτητα από παραμέτρους φωτισμού είναι δυνατό να βοηθήσουν στο εντοπισμό κοιλάδων, αλλαγών στη μορφολογική κλίση και ράχεων.

Ο χάρτης προσανατολισμού κλίσεων (Σχήμα 3.11) ταξινομήθηκε σε οκτώ τάξεις και όπως αναλυτικά φαίνεται στον πίνακα 3.6 και στο σχήμα 3.7 υπάρχει μια ομοιόμορφη κατανομή του προσανατολισμού των κλίσεων προς όλες τις κατευθύνσεις με εξαίρεση την βόρεια-βορειοανατολική κατεύθυνση που φαίνεται να έχει μια μικρή επικράτηση έναντι των

υπολοίπων. Επίσης, οι κλιτύες των δυτικών ακτών έχουν ομοιόμορφο προσανατολισμό σε αντίθεση με αυτόν των ανατολικών ακτών.

Πίνακας 3.6. Τάξεις προσανατολισμού κλίσεων και έκταση που καταλαμβάνουν στην περιοχή μελέτης (NNE: βόρεια-βορειοανατολικά, ENE: ανατολικά-βορειοανατολικά, ESE: ανατολικά- νοτιοανατολικά, SSE: νότια-νοτιοανατολικά, SSW: νότια- νοτιοδυτικά, WSW: δυτικά- νοτιοδυτικά, WNW: δυτικά - βορειοδυτικά,NNW: βόρεια - βορειοδυτικά).

Προσανατολισμός	Εμβαδό (χλμ^2)	Έκταση (%)
NNE (0°-45°)	303.3	16.5
ENE (45°-90°)	224.6	12.2
ESE (90°-135°)	203.7	11.1
SSE (135°-180°)	187.9	10.2
SSW (180°-225°)	218.2	11.8
WSW (225°-270°)	230.0	12.5
WNW (270°-315°)	241.9	13.1
NNW (315°-360°)	232.8	12.6



Σχήμα 3.7. Ραβδόγραμμα που παρουσιάζει το ποσοστό και την έκταση που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη προσανατολισμού.
(NNE: βόρεια-βορειοανατολικά, ENE: ανατολικά-βορειοανατολικά, ESE: ανατολικά- νοτιοανατολικά, SSE: νότια-νοτιοανατολικά, SSW: νότια- νοτιοδυτικά, WSW: δυτικά- νοτιοδυτικά, WNW: δυτικά - βορειοδυτικά,NNW: βόρεια - βορειοδυτικά).

- Σκιασμένο ανάγλυφο

Για να δημιουργηθεί ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου (φαίνεται ως υπόβαθρο στο σχήμα 3.3) της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκε φωτεινή πηγή σε γωνία 270° και σε ύψος 45°. Είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ περιοχών όπου οι λεκάνες χαρακτηρίζονται από ομαλή τοπογραφία

και ξεχωρίζουν με τη λεία υφή στο σκιασμένο ανάγλυφο, και περιοχών όπου τα ρήγματα και οι ασυνέχειες δημιουργούν απότομες κλίσεις στις πλαγιές των ορέων Τελέθριο, Κανδήλι και Δίρφυς.

- Καμπυλότητα

Η καμπυλότητα κάθετα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης (Kc- plan curvature) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας ένα κελί γειτονίας 3*3 μ, οπότε στην περίπτωσή μας αναπαριστά την καμπυλότητα σε μια περιοχή 60*60 μ. Οι τιμές που υπολογίστηκαν επανα-ταξινομήθηκαν (Σχήμα 3.12), σε κοίλες όταν το νερό τείνει να συγκλίνει δηλαδή όταν $n \leq -0,1$, σε γραμμικές όταν $-0,1 < n < 0,1$ και σε κυρτές όταν το νερό αποκλίνει δηλαδή όταν $n \geq 0,1$. Αυτή η καμπυλότητα αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στην γωνία προσανατολισμού και έτσι οι ράχες και οι κοιλάδες συχνά εμφανίζονται με υψηλές και χαμηλές τιμές αυτής αντίστοιχα.

Η καμπυλότητα παράλληλα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης (Kp - profile curvature) αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στην γωνία κλίσης και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των απότομων αλλαγών της μορφολογικής κλίσης. Οι τιμές που υπολογίστηκαν επανα-ταξινομήθηκαν (Σχήμα 3.13), σε κυρτές όταν το νερό επιβραδύνει δηλαδή όταν $n \leq -0,1$, σε γραμμικές όταν $-0,1 < n < 0,1$ και σε κοίλες όταν το νερό επιταχύνει δηλαδή όταν $n \geq 0,1$.

- Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης

Μέσω του προσδιορισμού του τοπογραφικού δείκτη ύγρανσης (Twi) καθορίζεται η χωρική κατανομή της υγρασίας του εδάφους λόγω τοπογραφικών αλλαγών και άρα ο δείκτης αποτελεί ένα κριτήριο για τη στασιμότητα του νερού. Τα αποτελέσματα που φαίνονται στο σχήμα 3.14, δείχνουν τις υψηλές τιμές του δείκτη να συγκεντρώνονται σε περιοχές επιρρεπείς στον κορεσμό σε νερό, όπως σε αλλουβιακές πεδιάδες ή στις Νεογενείς λεκάνες στο νότιο, κεντρικό και βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης ή ακόμη σε δίκτυα με μικρή κλίση. Αντίθετα οι μικρότερες τιμές εντοπίζονται σε υδροκρίτες όπου υπάρχει η τάση αυξημένης απορροής ή στις ανώτερες κλιτύες που χαρακτηρίζονται από μεγάλη μορφολογική κλίση.

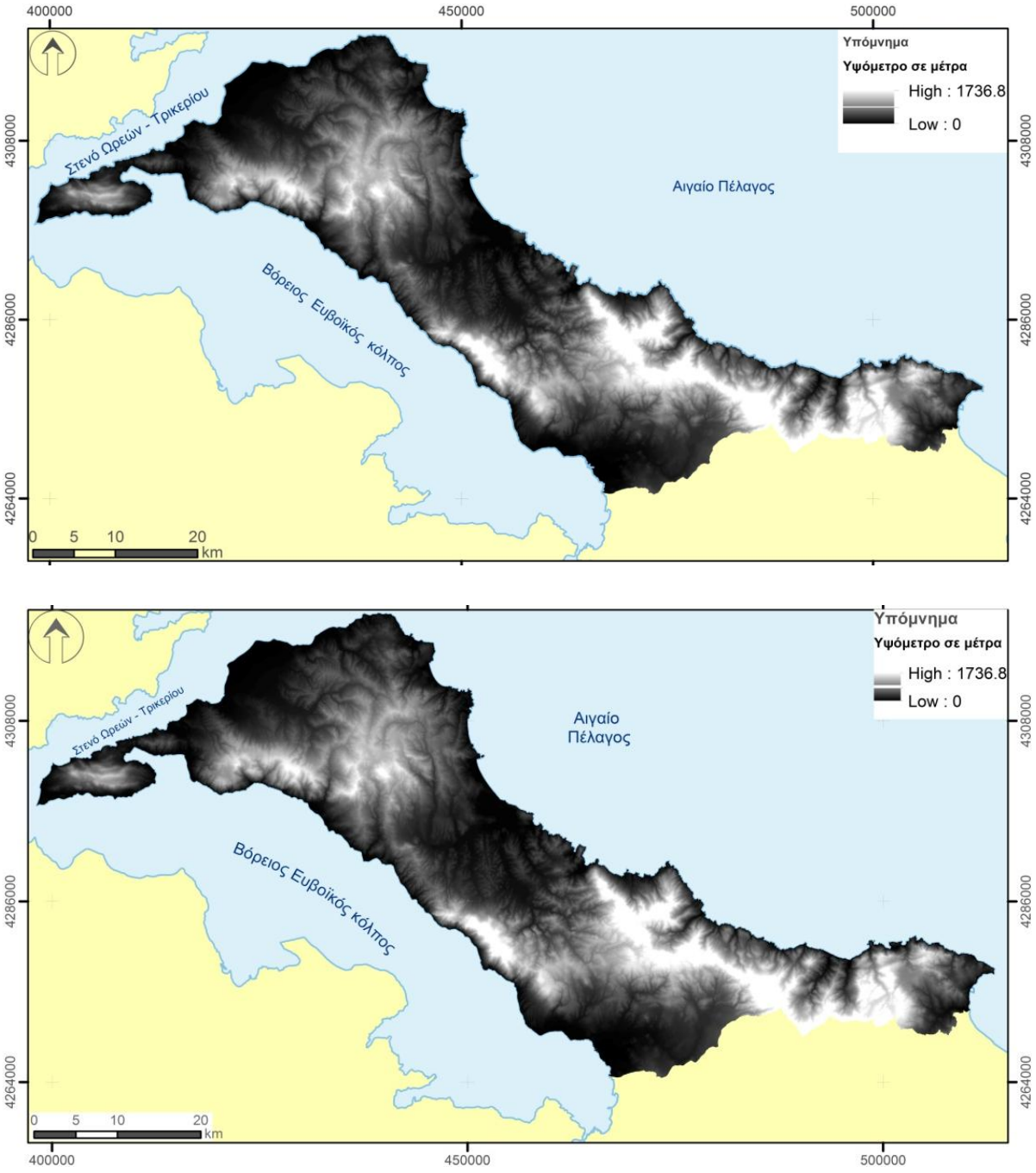
- Δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων

Ο δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων αποτελεί μέτρο της διαβρωτικής ικανότητας του υδρογραφικού δικτύου. Τα αποτελέσματα που φαίνονται στο σχήμα 3.15, δείχνουν τις υψηλές τιμές του δείκτη να συγκεντρώνονται σε θέσεις αυξημένης ταχύτητας ροής, σε

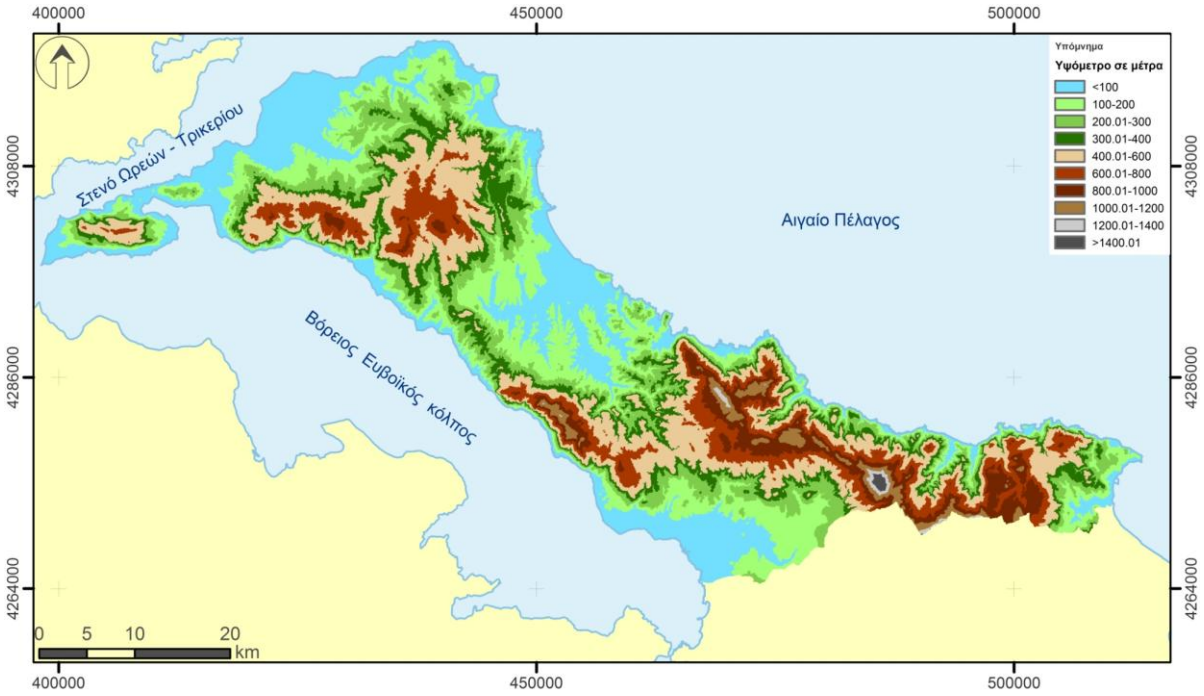
κλάδους υδρογραφικών δικτύων μεγαλύτερης τάξης, στις μεγάλες λεκάνες απορροής της περιοχής και σε απότομες πλαγιές, όπως η ανατολική κλιτύς του όρους Δίρφυς.

- Τοπογραφικός δείκτης εντοπισμού (TPI)

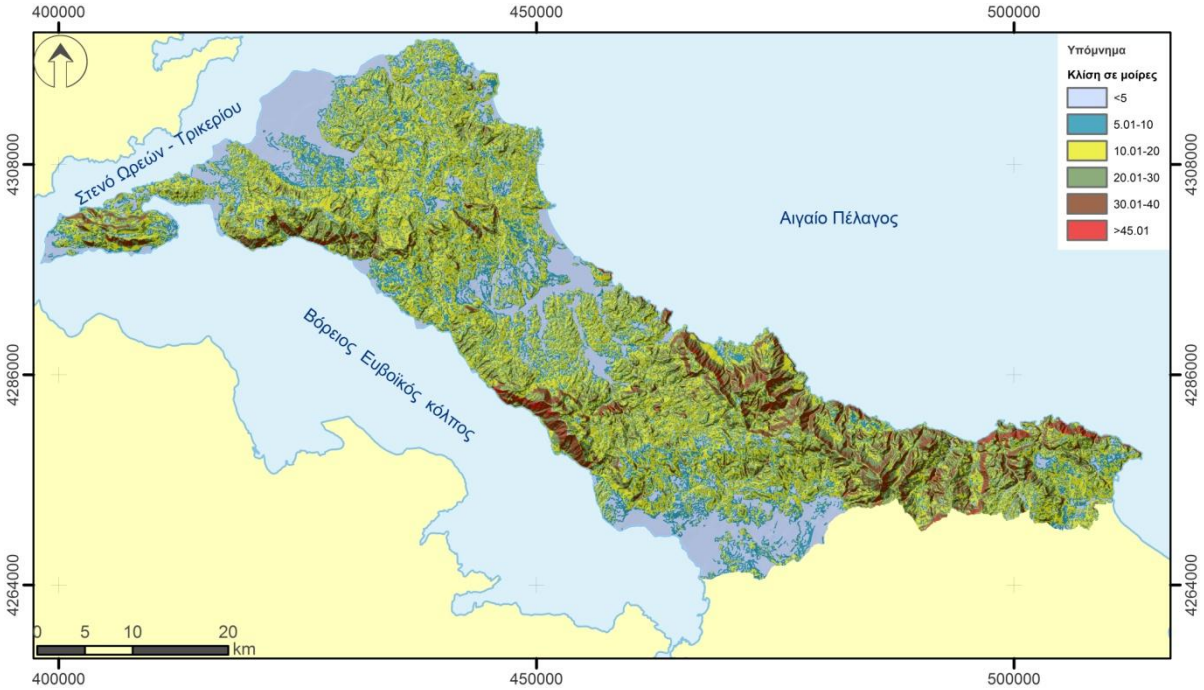
Για τον υπολογισμό του τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού έγιναν πολλές επαναληπτικές προσπάθειες προκειμένου να βρεθεί το μέγεθος γειτονίας που θα δώσει τα πιο χρήσιμα αποτελέσματα. Στην περιοχή μελέτης η ακτίνα γειτονίας των 50 μ φαίνεται να ταιριάζει καλύτερα και για αυτήν ο δείκτης Tpi κυμαίνεται από -3,34 έως 3,81, ενώ για την ακτίνα γειτονίας 150 μ οι αντίστοιχες τιμές είναι από -2,51 έως 4,02. Η χωρική κατανομή για τους εν λόγω κανάβους φαίνεται στα σχήματα 3.16 και 3.17, όπου γίνεται φανερό ότι οι χαμηλές τιμές του δείκτη μορφολογικά αντιστοιχούν σε κοιλάδες, ενώ οι υψηλές θετικές σε κορυφές και ράχες.



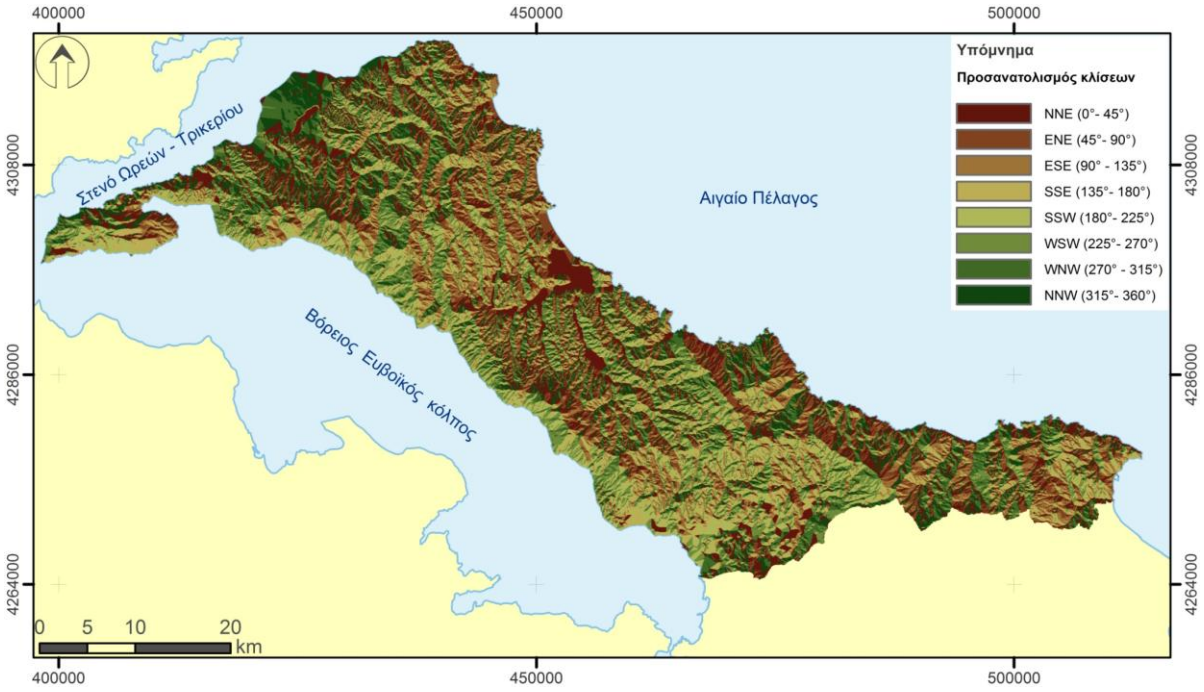
Σχήμα 3.8. ΨΜΕ περιοχής μελέτης με μέγεθος κελιού 50 μ*50 μ επάνω και 20 μ*20 μ κάτω.



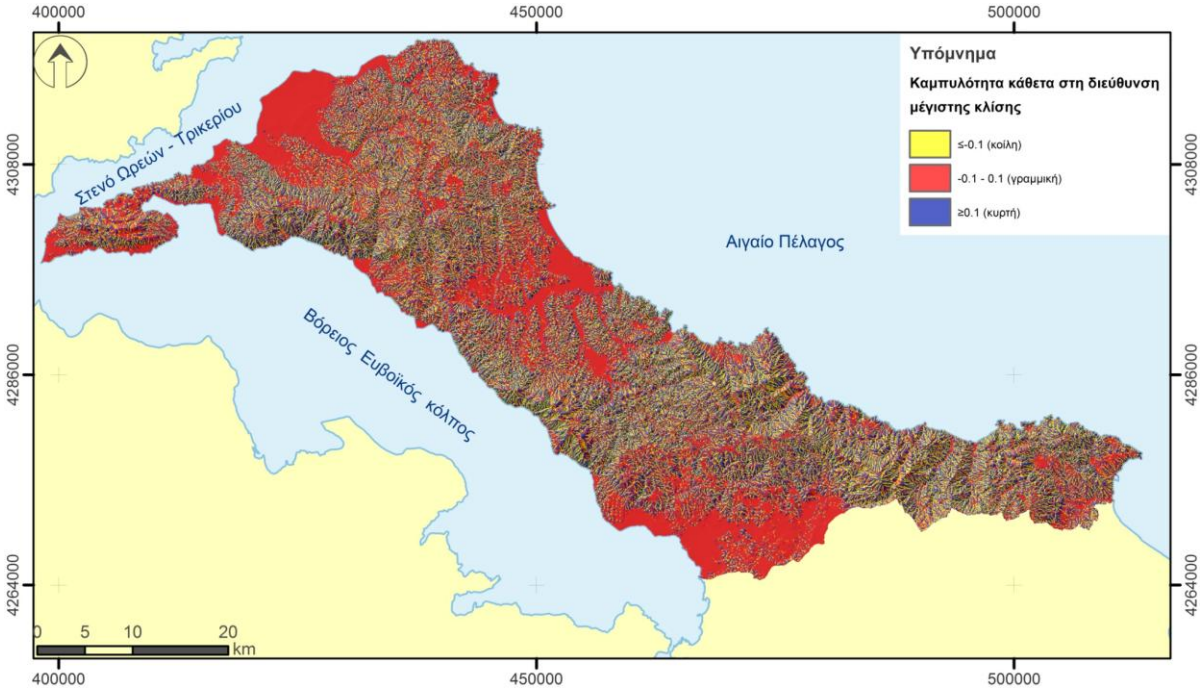
Σχήμα 3.9. Χάρτης ταξινομημένων υψομέτρων της περιοχής μελέτης.



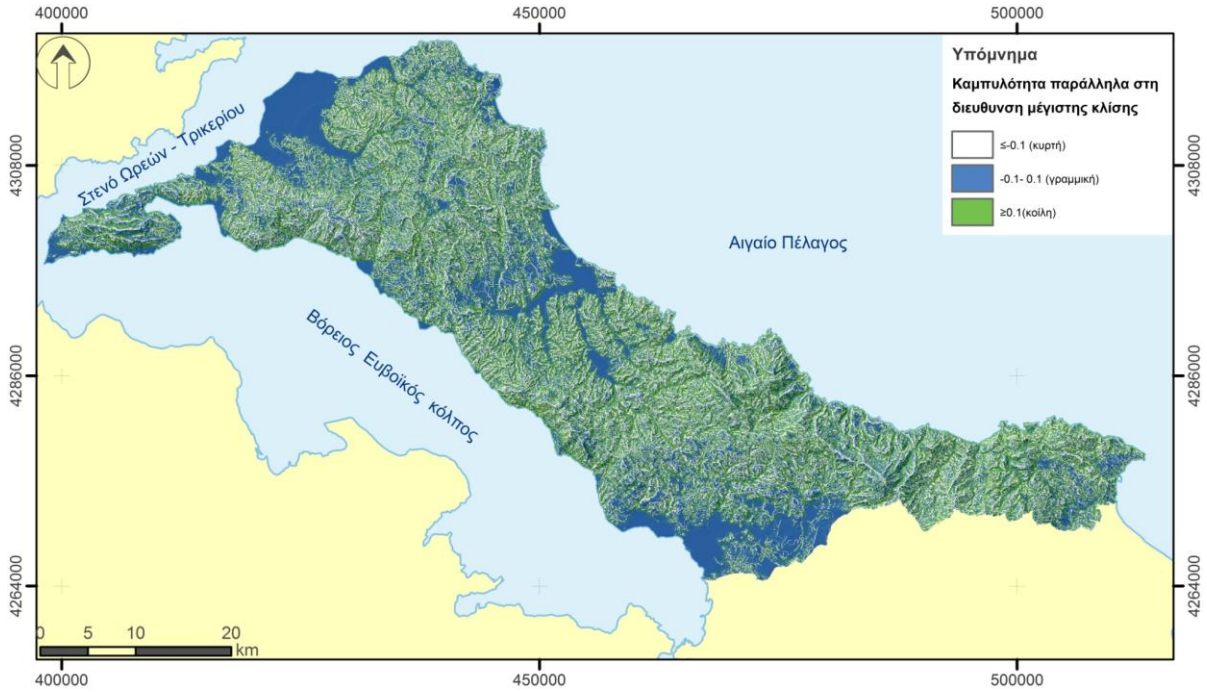
Σχήμα 3.10. Ταξινομημένος χάρτης κλίσεων της περιοχής μελέτη με βάση το ΨΜΕ.



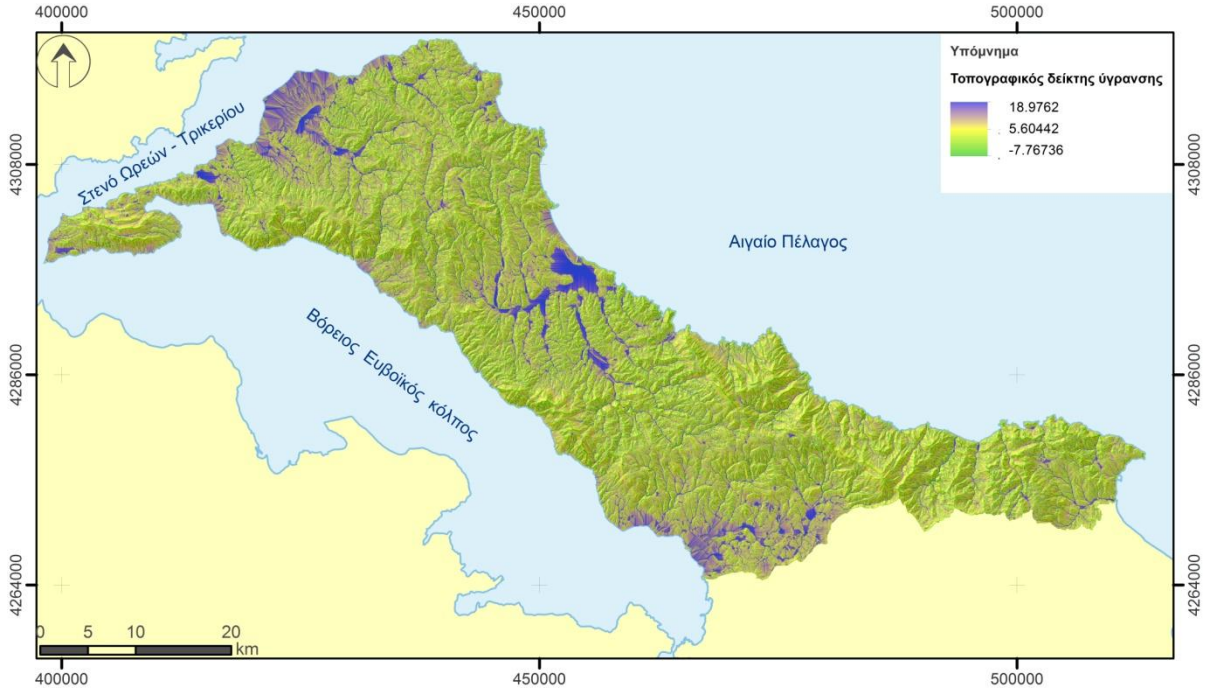
Σχήμα 3.11. Ταξινομημένος χάρτης προσανατολισμού κλίσεων της περιοχής μελέτη με βάση το ΨΜΕ.



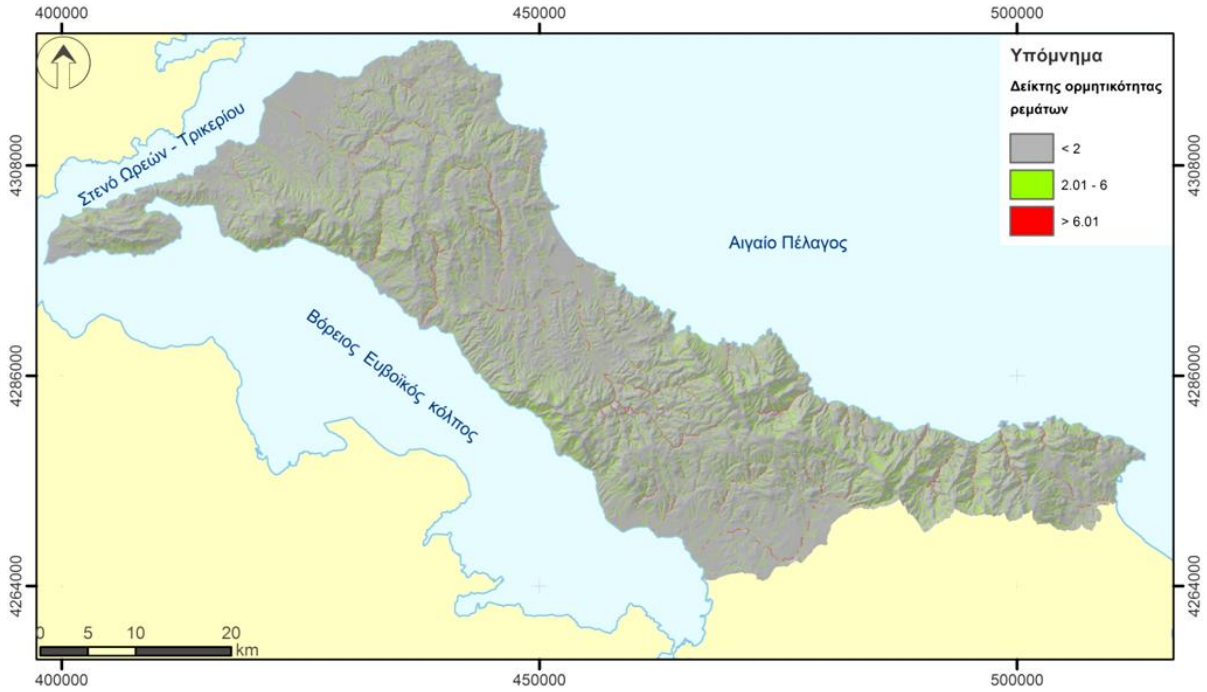
Σχήμα 3.12. Ταξινομημένος χάρτης καμπυλότητας κάθετα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης με βάση το ΨΜΕ.



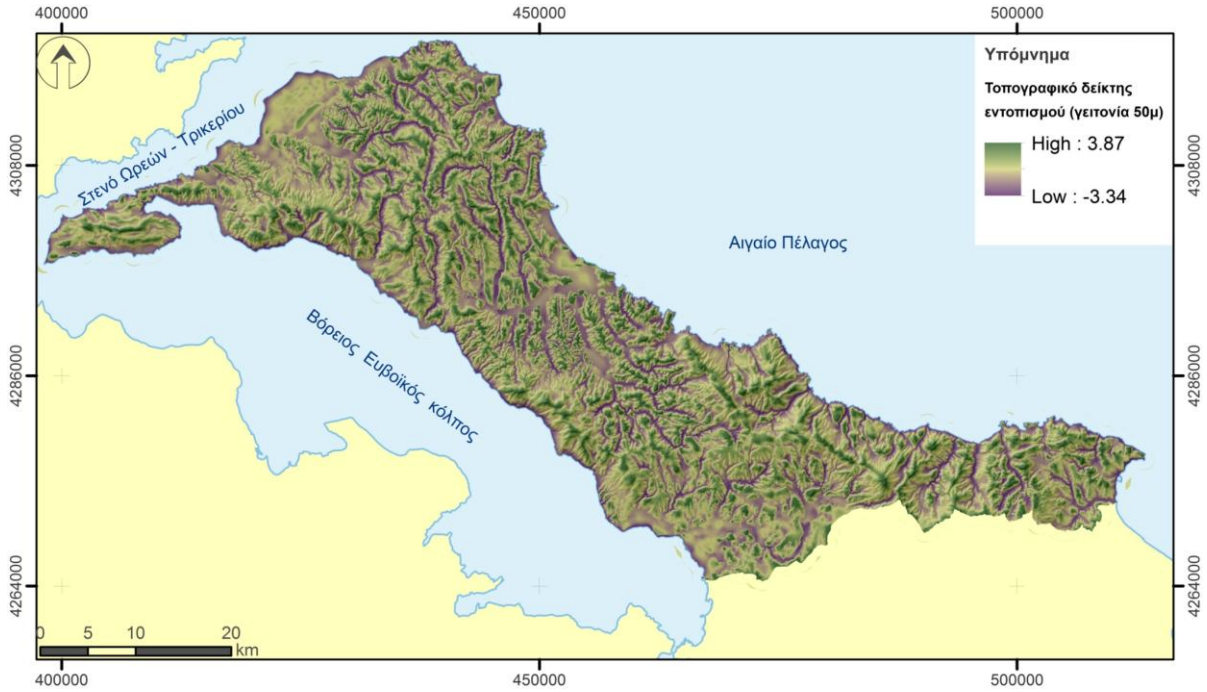
Σχήμα 3.13. Ταξινομημένος χάρτης καμπυλότητας παράλληλα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης με βάση το ΨΜΕ.



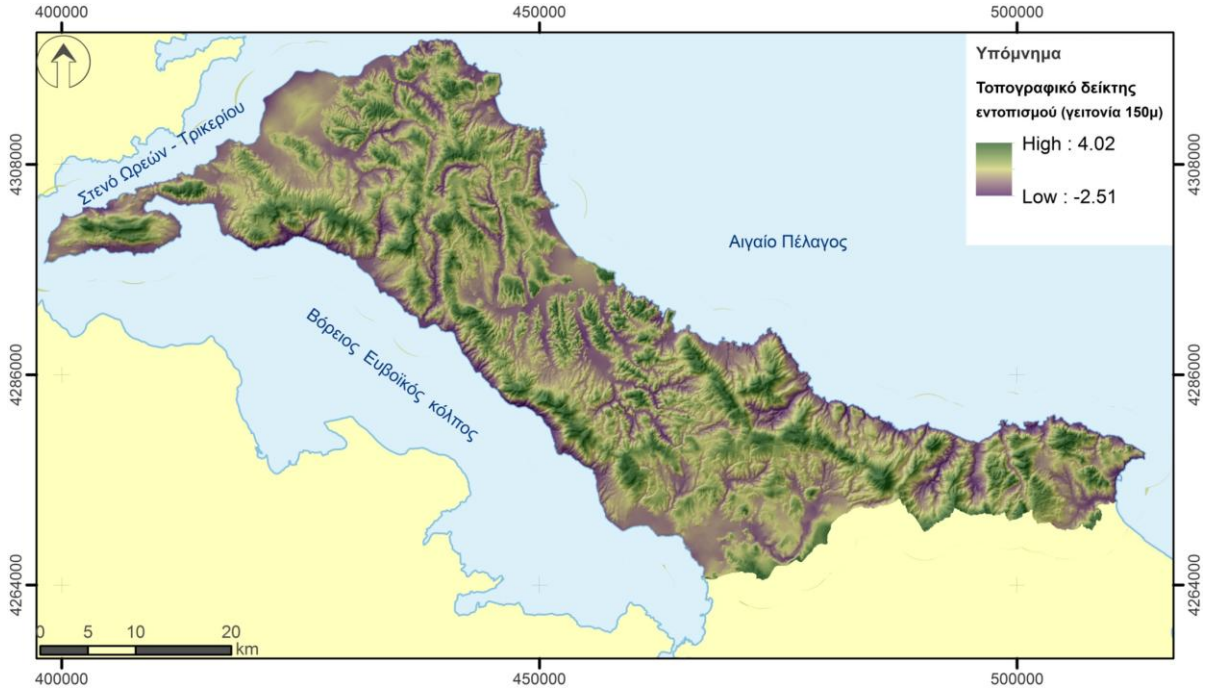
Σχήμα 3.14. Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης περιοχής μελέτης.



Σχήμα 3.15. Δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων περιοχής μελέτης.



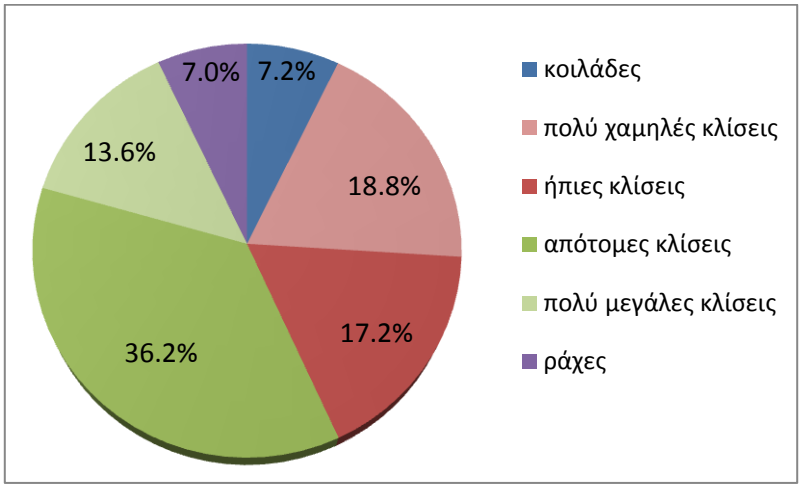
Σχήμα 3.16. Υπολογισμός τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού στην περιοχή μελέτης με εφαρμογή ακτίνας γειτονίας 50 μ.



Σχήμα 3.17. Υπολογισμός τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού στην περιοχή μελέτης με εφαρμογή ακτίνας γειτονίας 150 μ.

3.3.3 Ταξινόμηση χαρακτηριστικών του αναγλύφου περιοχής μελέτης με χρήση τεχνικών ΣΓΠ

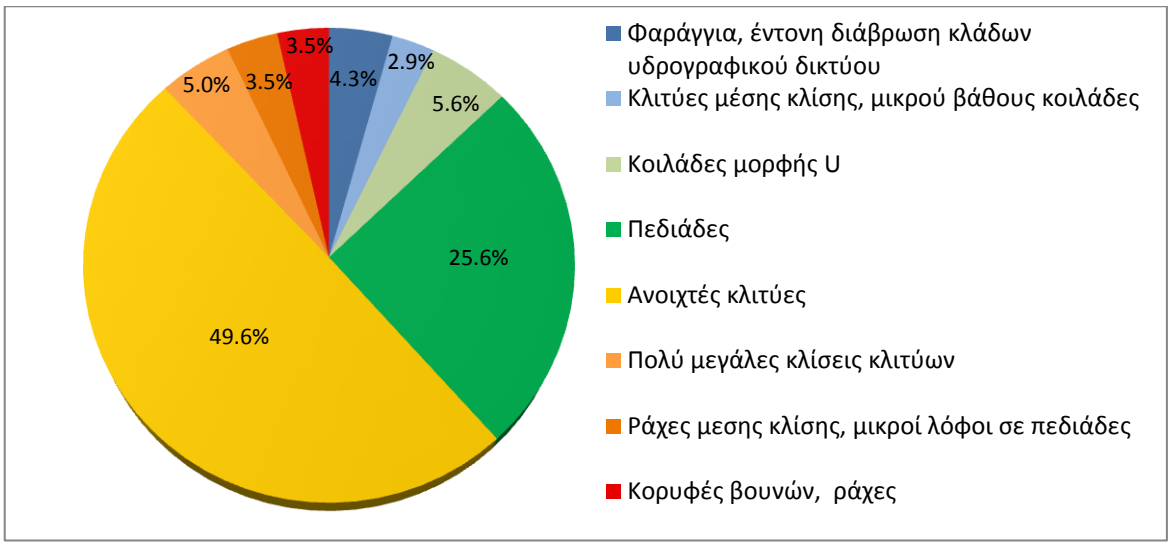
Για την πρώτη φάση της ταξινόμησης των χαρακτηριστικών του αναγλύφου η οποία αφορά τον καθορισμό της θέσης στην κλιτύ, μετά από πολλές δοκιμές στις τιμές της ακτίνας για το κατώφλι τόσο του δείκτη Tpi όσο και της κλίσης, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 3.2.3 και προέκυψαν οι χάρτες των σχημάτων 3.21, 3.22 και 3.23. Σε αυτούς φαίνεται η ταξινόμηση σε τέσσερις κατηγορίες για ακτίνα γειτονίας 50 μ, 90 μ και 150 μ αντίστοιχα, ενώ στο σχήμα 3.24 παρουσιάζεται η ταξινόμηση σε 6 κατηγορίες με χρήση ακτίνας 50 μ που φαίνεται να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Με βάση την ταξινόμηση σε τέσσερις τάξεις με ακτίνα γειτονίας των 50 μ, το 7,2% της περιοχής μελέτης ταξινομείται ως κοιλάδα, το 29,7% ως περιοχή ήπιας κλίσης, το 56,1% ως περιοχή απότομης κλίσης και το 7,0% ταξινομείται ως ράχη. Συνεπώς σχεδόν η μισή έκταση της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από απότομες μορφολογικές κλίσεις. Η αντίστοιχη ταξινόμηση σε έξι τάξεις χωρίζει την περιοχή ως εξής: 7,2% κοιλάδες, 18,8% πολύ χαμηλές κλίσεις, 17,2% ήπιες κλίσεις, 36,2% απότομες κλίσεις, 13,6% πολύ μεγάλες κλίσεις και 7,0% ράχες (στο σχήμα 3.18 φαίνεται γραφικά το ποσοστό κάθε τάξης των χαρακτηριστικών του αναγλύφου που καλύπτει την περιοχή μελέτης).



Σχήμα 3.18. Γραφική παρουσίαση του ποσοστού που καλύπτουν κάθε μία από τις έξι (6) τάξεις των χαρακτηριστικών του αναγλύφου στην περιοχή μελέτης, με χρήση κυκλικής γειτονίας 50 μ.

Στην επόμενη φάση γίνεται η τελική ταξινόμηση των χαρακτηριστικών του αναγλύφου σε 10 τάξεις (8 από τις οποίες απαντώνται στην περιοχή μελέτης) σύμφωνα τον Weiss (2001), με

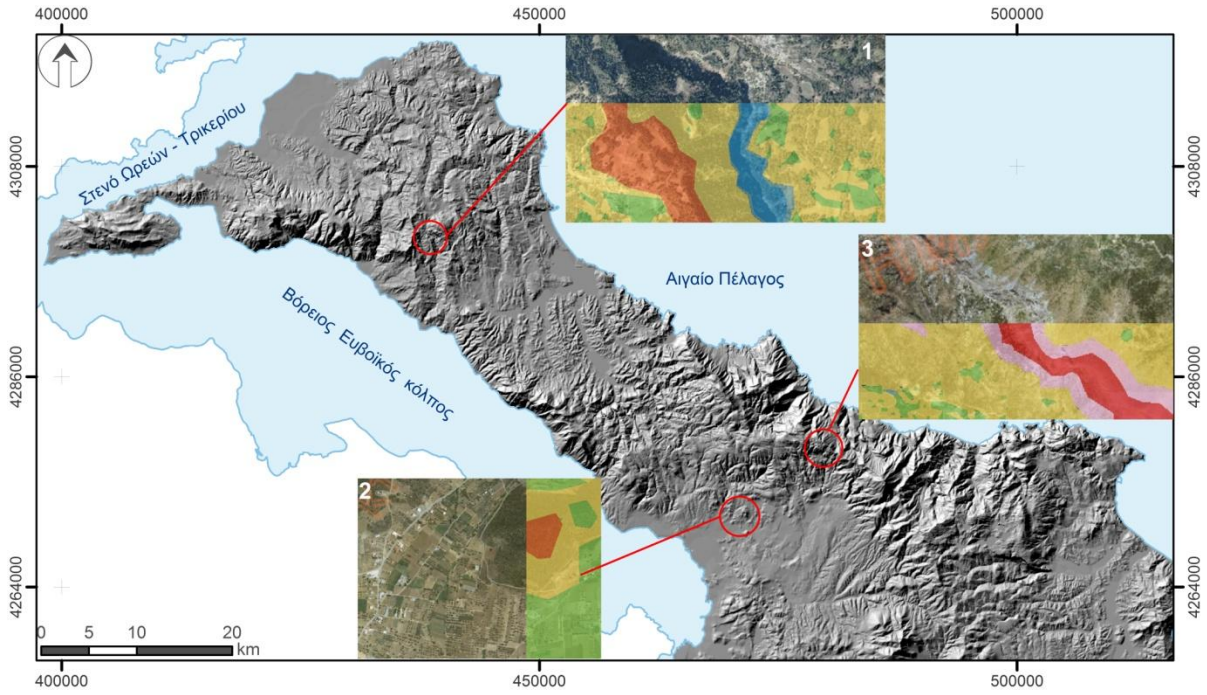
χρήση συνδυασμού ακτινών γειτονίας 50 μ και 150 μ. Τα χαρακτηριστικά του αναγλύφου που προέκυψαν φαίνονται στο σχήμα 3.25 και η έκταση που καταλαμβάνουν σε ποσοστό φαίνεται στο σχήμα 3.19, όπου παρατηρείται πως το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης (49.6%) ανήκει στην κατηγορία των ανοικτών κλιτύων και το 25.6% της περιοχής ανήκει στην κατηγορία πεδιάδες. Όλη η υπόλοιπη έκταση μοιράζεται με μικρά ποσοστά από 2.9 έως 5.6% στις υπόλοιπες κατηγορίες του πίνακα 3.3 εκτός των κατηγοριών ορεινή αποστράγγιση και τοπικές ράχες που δεν εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης με την εν λόγω ταξινόμηση.



Σχήμα 3.19. Γραφική παρουσίαση του ποσοστού που καταλαμβάνει κάθε τάξη χαρακτηριστικών του αναγλύφου από τις οκτώ (8) τάξεις που εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης.
Η ταξινόμηση στηρίχτηκε στις κατηγορίες του Weiss (2001) και έγινε με χρήση κυκλικής γειτονίας 50 και 150 μ.

Στο σχήμα 3.25 παρατηρείται πως ο τοπογραφικός δείκτης εντοπισμού στην παράκτια ζώνη και συγκεκριμένα στα όρια του ΨΜΕ, δίνει λάθος ταξινόμηση αφού παρουσιάζει την παράκτια ζώνη ως ζώνη έντονης διάβρωσης. Η περιοχή αυτή είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με την περιοχή που αναλύεται και έτσι η επίδραση που έχει στο αποτέλεσμα είναι μικρή. Ωστόσο, στις υπόλοιπες κατηγορίες, όπως και στις λοιπές περιοχές της κατηγορίας φαράγγια-έντονη διάβρωση κλάδων υδρογραφικού δικτύου, τα αποτελέσματα είναι πολύ ικανοποιητικά και αυτό φαίνεται ενδεικτικά από τις τρεις (3) περιοχές του σχήματος 3.20 οι οποίες επιλέχθηκαν ως "θέσεις επαλήθευσης" και όπου συγκρίνονται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης με γεωαναφερμένες ορθοφωτογραφίες (έγχρωμες φωτοληψίες), της δωρεάν υπηρεσίας θέασης της Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε, περιόδου λήψης 2007-2009 των οποίων το

μέγεθος εικονοστοιχείου στο έδαφος (GSP) είναι, για τις λοιπές περιοχές εκτός αστικών, 0,5 μ και η γεωμετρική ακρίβεια στο έδαφος είναι RMSExy <= 1,41μ (επίπεδο εμπιστοσύνης 95%). Οι ορθοφωτογραφίες φαίνονται ως υπόβαθρο του οποίου υπέρκειται οι γεωμορφές με βάση την ανωτέρω ταξινόμηση της περιοχής μελέτης



Σχήμα 3.20. Θέση επαλήθευσης 1 (έντονη κατά βάθος διάβρωση), Θέση επαλήθευσης 2 (πεδιάδα), Θέση επαλήθευσης 3 (κορυφή όρους).

Μετά την τελευταία ταξινόμηση εντοπίστηκαν οι σχέσεις μεταξύ των τοπογραφικών χαρακτηριστικών και των τάξεων των χαρακτηριστικών του αναγλύφου μέσω στατιστικής ανάλυσης ανά ζώνες και τα αποτελέσματα φαίνεται στον πίνακα 3.7. Οι μικρότερες κλίσεις εντοπίζονται στις πεδιάδες, όπως αναμενόταν, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές τόσο του τοπογραφικού δείκτης ύγρανσης όσο και του δείκτη ορμητικότητας ρεμάτων, οι οποίοι συνδέονται με την κλίση, παρατηρούνται στα φαράγγια και στις κοιλάδες. Τέλος, όσον αφορά την καμπυλότητα κάθετα στη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης, οι μικρότερες τιμές της και συγκεκριμένα αρνητικές, εντοπίζονται στις τάξεις φαράγγια και κοιλάδες, ενώ η μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται στην κατηγορία κορυφές ορέων. Συνεπώς, οι μικρές τιμές καμπυλότητας αντιστοιχούν σε μικρές τιμές τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού (Tpi) για μικρή ακτίνας γειτονίας, ενώ οι μεγάλες τιμές αντιστοιχούν σε μεγάλες τιμές του δείκτη Tpi τόσο μικρής όσο και μεγάλης ακτίνας γειτονίας.

Πίνακας 3.7. Στατιστική ανάλυση ανά ζώνες (zonal statistics) με τις τιμές των τοπογραφικών χαρακτηριστικών των ψηφιδωτών αρχείων (κλίσης, δείκτη ύγρανσης, ορμητικότητας ρεμάτων, καμπυλότητας κάθετα στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης και υψομέτρου) για κάθε μία από τις δέκα (10) τάξεις στις οποίες κατηγοριοποιήθηκε το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης.

Τάξεις γεωμορφών	Κλίση mean±SD	Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης mean±SD	Δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων mean±SD	Καμπυλότητα (plan) mean±SD	Υψόμετρο mean±SD
Φαράγγια, έντονη διάβρωση κλάδων υδρογραφικού δικτύου	11.45 ± 10.16	4.14 ± 5.04	-0.50 ± 4.37	-0.07 ± 0.42	99.66 ± 112.37
Κλιτύες μέσης κλίσης, μικρού βάθους κοιλάδες	11.86 ± 8.65	3.92 ± 4.94	-0.17 ± 4.33	-0.12 ± 0.46	264.53 ± 205.79
Κοιλάδες μορφής U	12.39 ± 11.48	2.77 ± 5.09	-2.14 ± 4.09	0.00 ± 0.39	104.47 ± 102.43
Πεδιάδες	4.80 ± 3.80	2.61 ± 4.97	-3.71 ± 4.45	0.00 ± 0.17	194.32 ± 197.21
Ανοιχτές κλιτύες	19.92 ± 8.39	-0.14 ± 4.06	-2.32 ± 4.09	0.01 ± 0.50	393.70 ± 239.16
Πολύ μεγάλες κλίσεις κλιτύων	18.82 ± 9.96	-0.40 ± 3.90	-2.94 ± 4.16	0.03 ± 0.44	680.89 ± 330.12
Ράχες μεσης κλίσης, μικροί λόφοι σε πεδιάδες	12.76 ± 8.37	-2.27 ± 3.59	-5.96 ± 4.00	0.14 ± 0.37	370.65 ± 237.69
Κορυφές βουνών, ράχες	15.23 ± 9.08	-2.36 ± 3.56	-5.50 ± 4.04	0.16 ± 0.42	597.47 ± 344.79

Τέλος, ελέχθησαν οι σχέσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών του αναγλύφου και των γεωλογικών σχηματισμών και με βάση τον πίνακα 3.8 που προέκυψε, συνάγεται πως στην κατηγορία κοιλάδες μικρού βάθους επικρατούν οι αλλουβιακές προσχώσεις και οι ευδιάβρωτοι γεωλογικοί σχηματισμοί, στη μέσης κλίσης αποστράγγιση επικρατούν οι ευδιάβρωτοι σχηματισμοί και οι ανθεκτικοί, οι κοιλάδες μορφής U έχουν τη μεγαλύτερη ποικιλία σχηματισμών και οι πεδιάδες κατά το ήμισυ χαρακτηρίζονται από ευδιάβρωτους σχηματισμούς και το υπόλοιπο μοιράζονται οι αλλουβιακές αποθέσεις και οι ανθεκτικοί σχηματισμοί. Όσον αφορά τις κλιτύες, το 50% των ανοιχτών κλιτύων αποτελείται από ανθεκτικά πετρώματα και το υπόλοιπο τόσο από ευδιάβρωτους όσο και από μέτριας ανθεκτικότητας πετρώματα, στις μεγάλες κλίσεις κλιτύων επικρατούν οι ανθεκτικοί σχηματισμοί και τέλος στις μέσης κλίσης ράχες και στις υψηλές ράχες απαντώνται τόσο ευδιάβρωτοι σχηματισμοί, όσο και ανθεκτικοί. Οι φυλλίτες και σχιστόλιθοι στο μεγαλύτερο μέρος τους (69%) ταξινομήθηκαν στις ανοικτές κλιτύες και μόνο το 10% αυτών ταξινομήθηκε στις πεδιάδες στις οποίες, όπως ήταν αναμενόμενο, εντοπίζεται το μεγαλύτερο μέρος των ευδιάβρωτων σχηματισμών. Οι παραπάνω αναλογίες φανερώνουν την επίδραση που έχει η λιθολογία στα χαρακτηριστικά του αναγλύφου.

Πίνακας 3.8. Σχέσεις μεταξύ χαρακτηριστικών του αναγλύφου και γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης.

Το αριστερό μέρος του πίνακα δίνει τα ποσοστά της κάθε ομάδας χαρακτηριστικών του αναγλύφου σε κάθε ομάδα γεωλογικών σχηματισμών ενώ το δεξί τμήμα δίνει το ποσοστό κάθε ομάδας γεωλογικών σχηματισμών σε κάθε τάξη των χαρακτηριστικών του αναγλύφου.

Ομάδες γεωλογικών σχηματισμών: ομάδα 1: επιφανειακές χαλαρές αποθέσεις όπως αλλουβιακές προσχώσεις, πρόσφατοι κώνοι κορημάτων και ημι-συνεκτικοί κώνοι κορημάτων, ομάδα 2: ευδιάβρωτοι γεωλογικοί σχηματισμοί όπως μάργες, ψαμμίτες, πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και τραβερτίνης, ομάδα 3: πετρώματα μέτριας ανθεκτικότητας όπως σχιστόλιθοι και φυλλίτες, ομάδα 4: ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, γραουβάκες, συνεκτικοποιημένα κροκαλοπαγή, οφιόλιθοι, περιδοτίτες και χαλαζίτες.

Τάξεις γεωμορφών		Ομάδα_1	Ομάδα_2	Ομάδα_3	Ομάδα_4	Ομάδα_1 (%)	Ομάδα_2 (%)	Ομάδα_3 (%)	Ομάδα_4 (%)
Φαράγγια, έντονη διάβρωση κλάδων υδρογραφικού δικτύου	(%)	10.52	2.82	2.44	2.08	30.96	32.55	8.74	27.75
Κλιτύες μέσης κλίσης, μικρού βάθους κοιλάδες	(%)	3.56	3.47	2.77	2.89	10.57	40.53	10.01	38.89
Κοιλάδες μορφής U	(%)	15.01	2.86	4.36	2.25	35.96	26.92	12.71	24.42
Πεδιάδες	(%)	47.71	30.89	10.33	12.90	19.88	50.55	5.23	24.33
Ανοιχτές κλιτύες	(%)	22.12	48.39	68.79	62.19	3.83	32.91	14.49	48.77
Πολύ μεγάλες κλίσεις κλιτύων	(%)	0.18	3.07	5.76	8.81	0.31	20.40	11.85	67.43
Ράχες μεσης κλίσης, μικροί λόφοι σε πεδιάδες	(%)	0.76	4.83	2.09	3.71	1.95	48.58	6.50	42.98
Κορυφές βουνών, ράχες	(%)	0.14	3.66	3.46	5.17	0.33	34.16	9.99	55.53

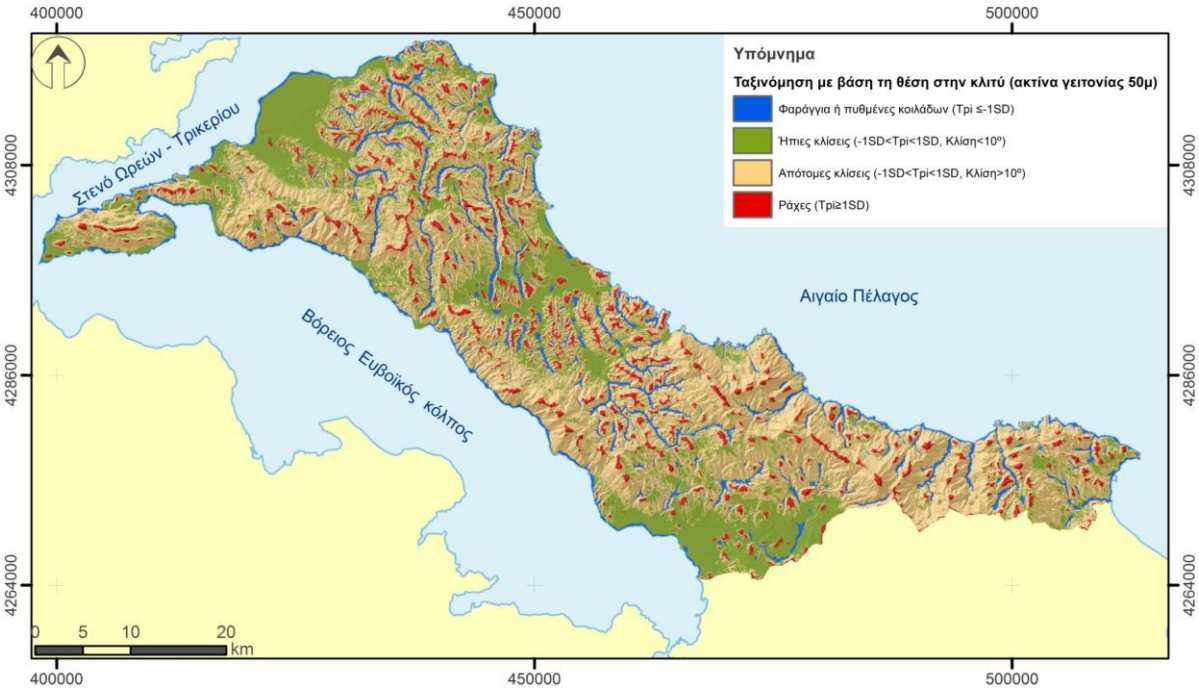
Από τους χάρτες ταξινομήσεων των μορφολογικών χαρακτηριστικών του αναγλύφου εντοπίστηκαν θέσεις που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση για να διαπιστωθεί εάν πρόκειται για κάποια χαρακτηριστική γεωμορφή που σχετίζεται με την τεκτονική δραστηριότητα, να μελετηθεί δηλαδή η τεκτονικά ελεγχόμενη μικροτοπογραφία. Οι θέσεις αυτές που σημειώνονται με βέλος στο χάρτη του σχήματος 3.26 θα μελετηθούν αναλυτικά στο κεφάλαιο της γεωμορφολογίας (Κεφάλαιο 5) σε μεγαλύτερη κλίμακα. Οι περιοχές των θέσεων "1" αποτελούν πεδιάδες βρίσκονται δίπλα σε μια ανοικτή πλαγιά στο βόρειο τμήμα του νησιού και υποδεικνύουν τη θέση κανονικών ρηγμάτων, οι περιοχές των θέσεων "2" αφορούν επίπεδες περιοχές δίπλα σε ράχες στον κεντρικό υδροκρίτη και υποδεικνύουν κάποια αναστροφή ροής ρέματος, οι περιοχές των θέσεων "3" έχουν ταξινομηθεί ως κοιλάδες μορφής U στην έξοδο των υδρογραφικών δικτύων προσομοιάζουν με αλλουβιακά ριπίδια (δυτικές ακτές -βόρειος Ευβοϊκός κόλπος), η περιοχή της θέσης "4" παρουσιάζει ράχη με διεύθυνση κάθετα στην ακτή και πολύ κοντά σε αυτή, το οποίο θα μπορούσε επίσης να υποδηλώνει την ύπαρξη ρήγματος και μάλιστα την κατοπτρική επιφάνεια αυτού (λόγω διεύθυνσης) και τέλος στις περιοχές των θέσεων "5" εντοπίζονται αλλουβιακές πεδιάδες σε επαφή με κλιτύες μειούμενης κλίσης οι οποίες επίσης υποδεικνύουν την ύπαρξη κανονικών ρηγμάτων.

3.3.4 Ταξινόμηση του αναγλύφου της περιοχής μελέτης κατά Hammond και Dikau

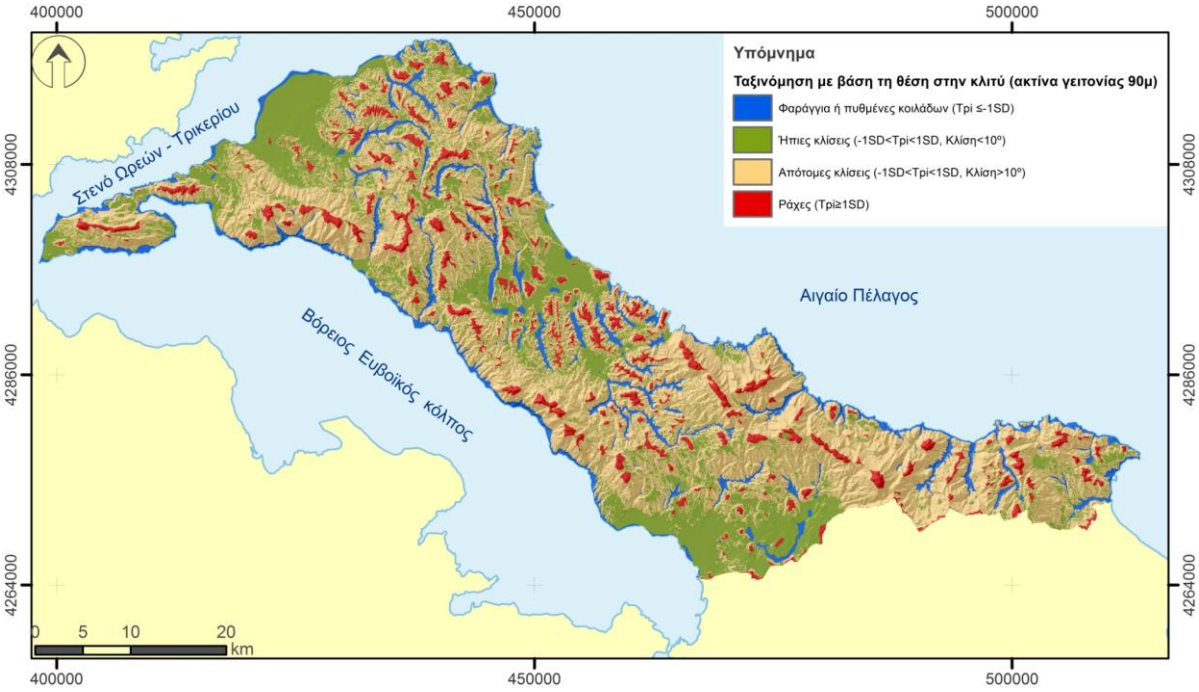
Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης έχουν διαστάσεις που κυμαίνονται από μεγάλης κλίμακας μορφές (όπως οροσειρές και πεδιάδες) έως μεμονωμένες κοιλάδες και καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό το είδος και το ρυθμό δράσης των εξωγενών διεργασιών που διαμορφώνουν το ανάγλυφο (Karagülle et al., 2015). Πολλοί ερευνητές έχουν περιγράψει τις γεωμορφές με βάση τις γεωμορφολογικές διεργασίες και έχουν αναπτύξει ποσοτικές και εμπειρικές μεθοδολογίες για την ταξινόμηση και χαρτογράφησή τους με κριτήριο τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά.

Στο σχήμα 3.27 φαίνεται η ταξινόμηση που προέκυψε με βάση τη μεθοδολογία του κεφαλαίου 3.2.4 που αφορά τη χαρτογράφηση μεγάλης κλίμακας χαρακτηριστικών του αναγλύφου. Δεν εντοπίστηκαν οροπέδια και έτσι η ταξινόμηση μετά την ομαδοποίηση για την περιοχή μελέτης περιλαμβάνει μόνο πεδινές, λοφώδεις και ορεινές περιοχές. Τα όρια των περιοχών αυτών σε σύγκριση με τα όρια της ανωτέρω ταξινόμησης του κεφαλαίου 3.3.3 συμπίπτουν αν και στην εν λόγω ομαδοποίηση χάνεται η πληροφορία που αφορά τα υδάτινα συστήματα αφού έχουν ταξινομηθεί όλα στις πεδινές περιοχές. Οι ορεινές περιοχές συμπίπτουν με τους ορεινούς όγκους Δίρφυς, Κανδήλι, Τελέθριο, Λιχάς και Ξηρό και οι πεδινές περιοχές ταυτίζονται με τις τρεις (3) μεγάλες λεκάνες της περιοχής μελέτης, Ψαχνών, Νηλέως και Ιστιαίας. Επίσης, η έκταση που καλύπτει κάθε ομάδα είναι παραπλήσια με αυτή που υπολογίστηκε παραπάνω και συγκεκριμένα από την ταξινόμηση κατά Hammond υπολογίστηκαν 22.6% πεδινές περιοχές για την περιοχή μελέτης, 51,1% λοφώδεις περιοχές και 26.3% ορεινές περιοχές.

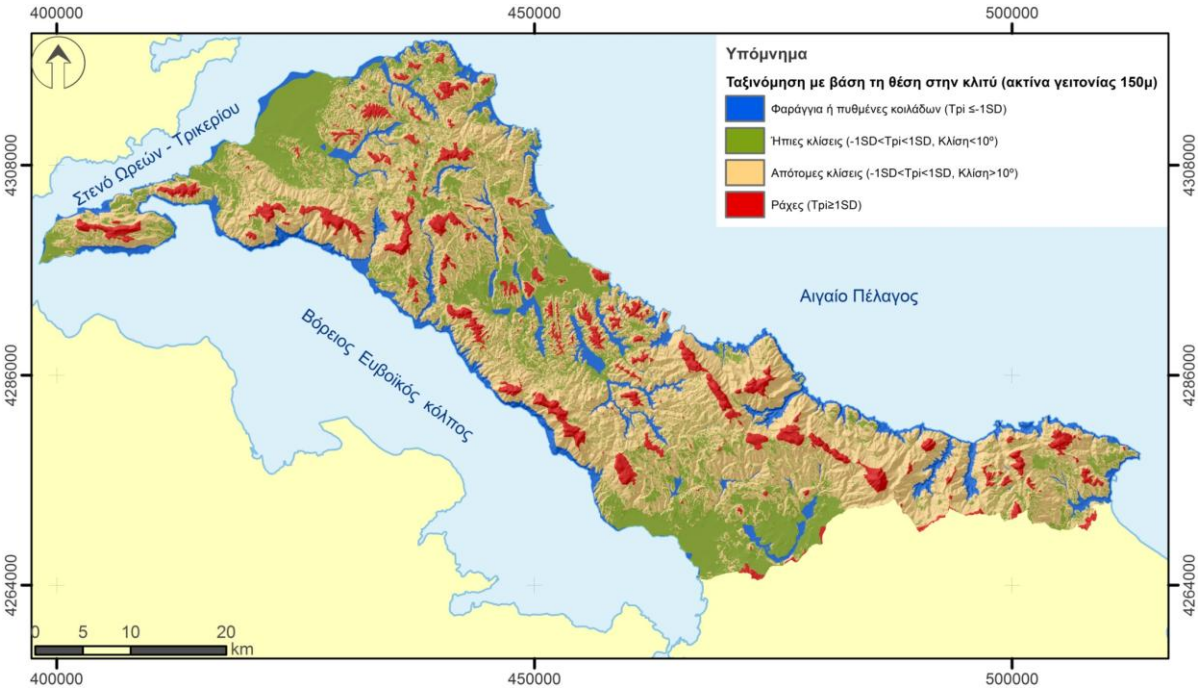
Αναφορικά με τις θέσεις που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση, αν και με την ταξινόμηση των "μεγάλων" χαρακτηριστικών μορφών του αναγλύφου του Hammond χάνεται αρκετή πληροφορία όπως αναφέρθηκε, διακρίνονται και μπορούν να χαρτογραφηθούν (όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.27) αρκετές από τις μορφές που προέκυψαν μέσω της ταξινόμησης με βάση τον δείκτη Tpi (συγκεκριμένα διακρίνονται οι περιοχές των θέσεων 1, 2, 3 και 5 όπως σημειώνονται στο σχήμα 3.26).



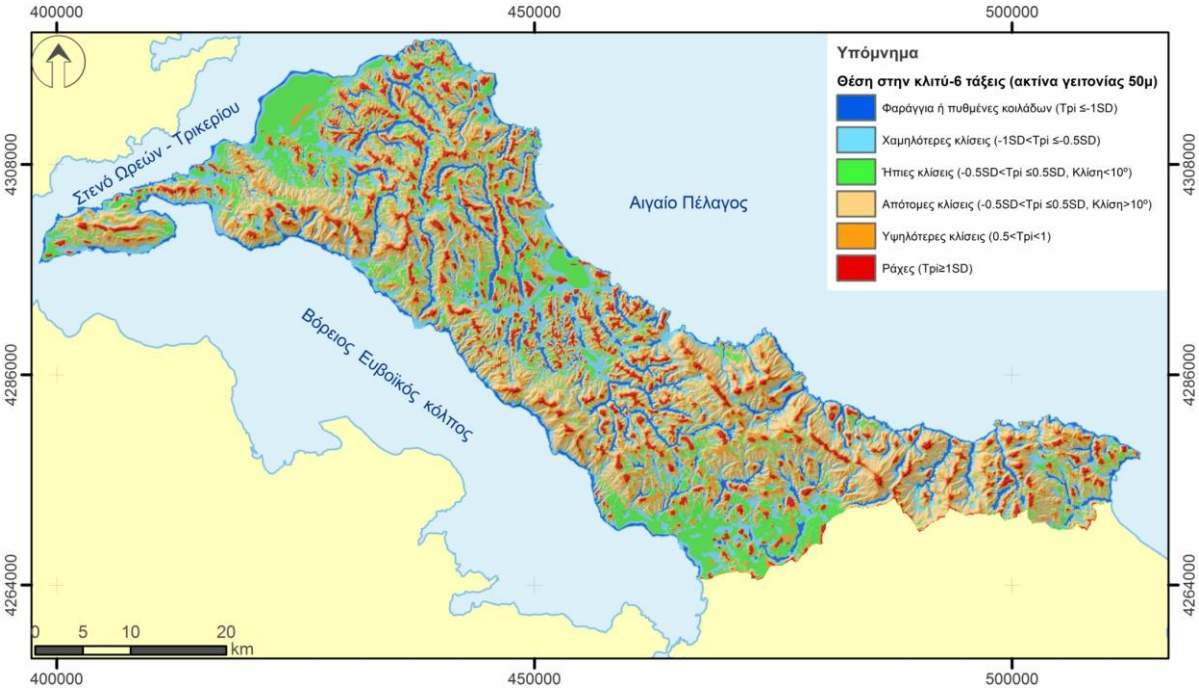
Σχήμα 3.21. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιαςσε τέσσερις (4) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 50 μ.



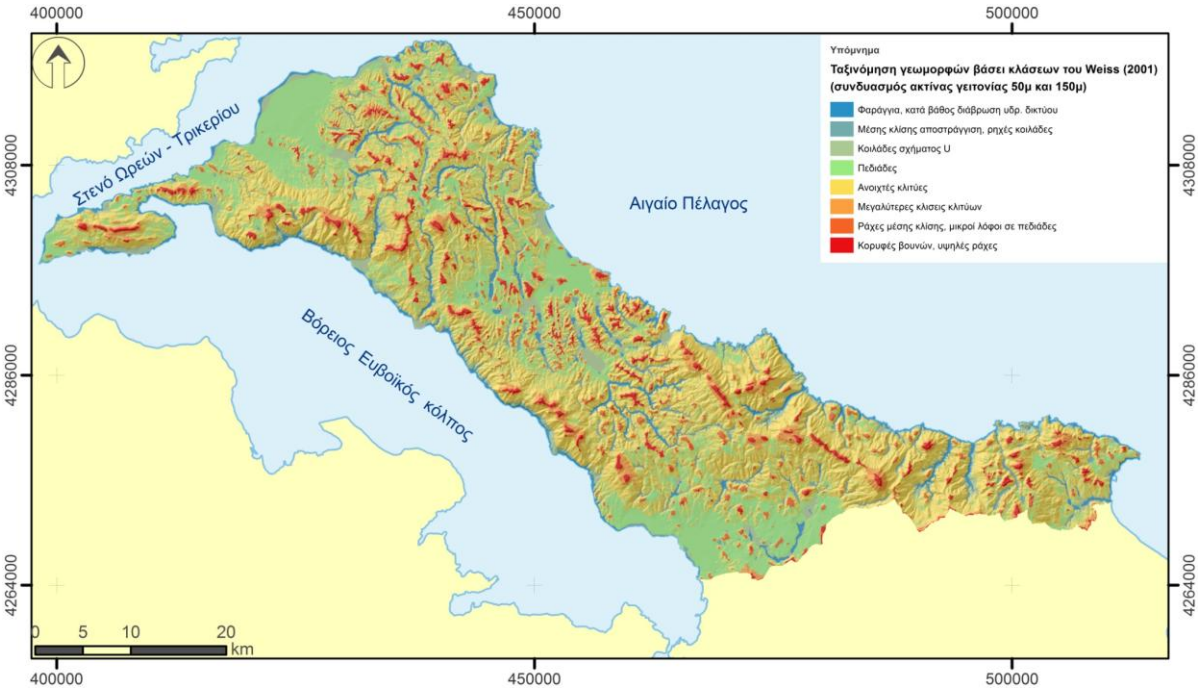
Σχήμα 3.22. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας σε τέσσερις (4) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 90 μ.



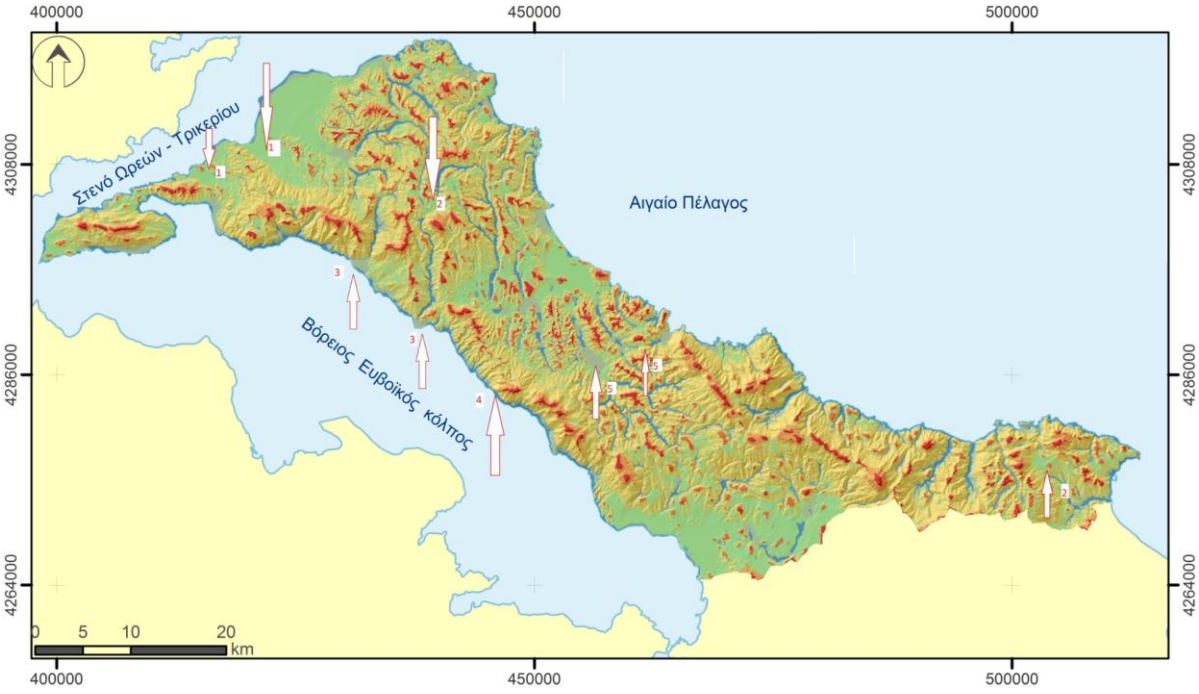
Σχήμα 3.23. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας σε τέσσερις (4) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 250 μ.



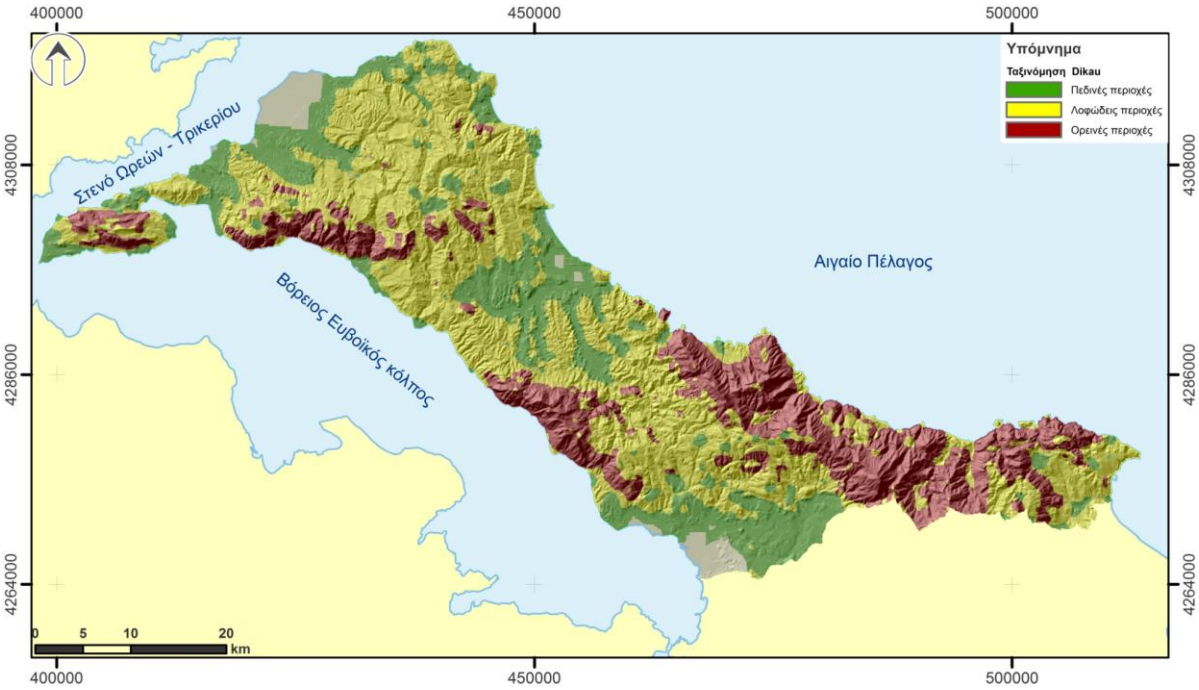
Σχήμα 3.24. Ταξινόμηση του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας σε έξι (6) κατηγορίες με βάση τη θέση στην κλιτύ για ακτίνα γειτονίας 50 μ.



Σχήμα 3.25. Ταξινόμηση των χαρακτηριστικών του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας με βάση τις κατηγορίες που έχουν προταθεί από τον Weiss (2001) και με εφαρμογή ακτίνας γειτονίας 50 μ και 150 μ.



Σχήμα 3.26. Περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος από γεωμορφολογική άποψη που θα μελετηθούν αναλυτικά στο κεφάλαιο της γεωμορφολογίας (Κεφάλαιο 5).



Σχήμα 3.27. Ταξινόμηση του αναγλύφου της περιοχής μελέτης κατά Hammond και Dikau.

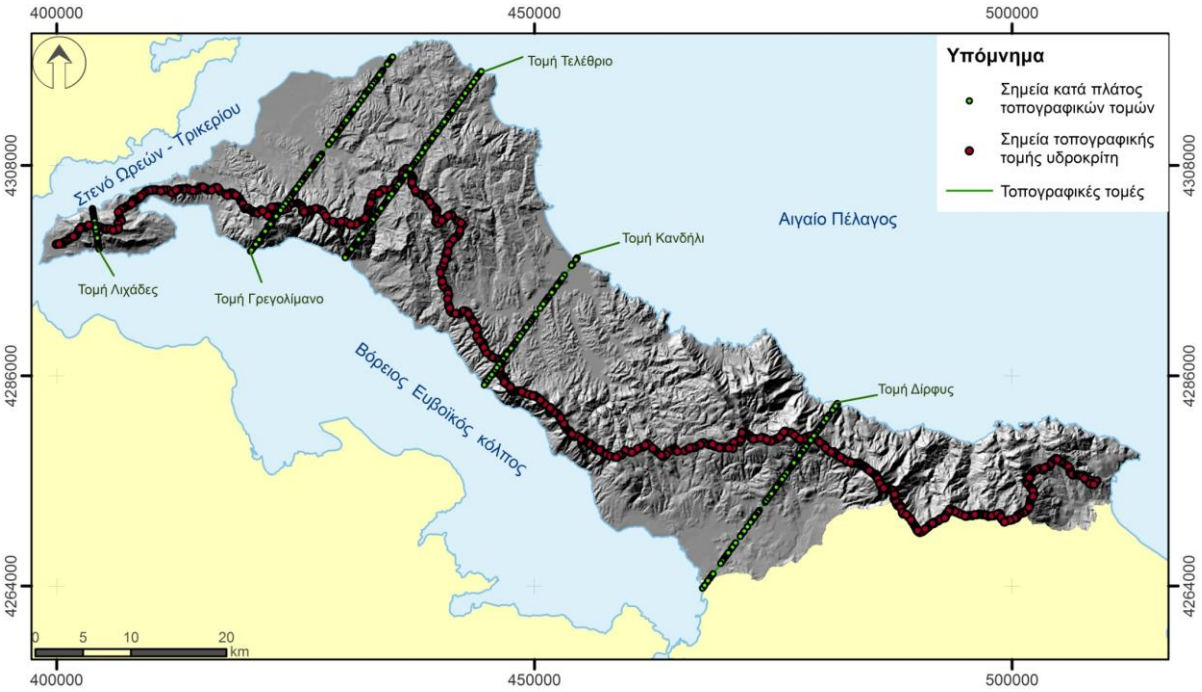
3.3.5 Τοπογραφικά προφίλ περιοχής μελέτης

Στην περιοχή μελέτης κατασκευάστηκαν πέντε κατά πλάτος τοπογραφικές τομές (Σχήματα 3.28 και 3.30) και επίσης σχεδιάστηκε το επίμηκες προφίλ του υδροκρίτη (Σχήμα 3.31) με βάση τις ισοϋψείς των 20 μέτρων. Όλες σχεδιάστηκαν από την ανατολή προς τη δύση εκτός από την βορειότερη (τομή Λιχάδες) η οποία έγινε με διεύθυνση βορρά-νότο.

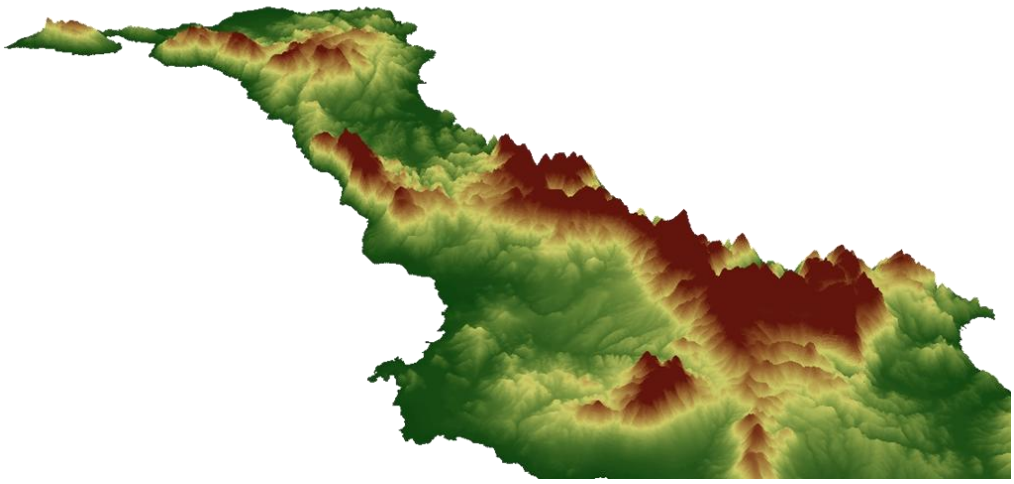
Στις τομές φαίνεται πως η απόσταση του κεντρικού υδροκρίτη από τις κύριες ρηξιγενείς ζώνες είναι μεγάλη για την τομή Τελέθριο, μικρή για την τομή Κανδήλι και μέτρια για τις τομές Δίρφυς και Γρεγολίμανο. Σε όλες τις τομές το υψόμετρο αυξάνεται από την ανατολή έως τον κύριο υδροκρίτη και ακολούθως μειώνεται προς τη δύση, εκτός από την τομή Τελέθριο η οποία συναντά επιπλέον μια δεύτερη έξαρση στο δυτικό τμήμα. Κατά τον ίδιο τρόπο αυξάνονται τα υψόμετρα για την τομή Λιχάδες από βορρά έως το κύριο υδροκρίτη και από εκεί και μειώνονται προς τη δύση. Σε όλες τις τομές είναι εμφανής η επίδραση της τεκτονικής στο ανάγλυφο ενώ επίσης στις τομές Δίρφυς και Τελέθριο είναι εμφανής η έντονη κατά βάθος διάβρωση των υδρογραφικών δικτύων. Τέλος στις τομές Γρεγολίμανο και Τελέθριο τα πιο έντονα στοιχεία είναι οι εκτεταμένες Νεογενείς λεκάνες οι οποίες έχουν διαμορφώσει ένα ομαλό ανάγλυφο στο ανατολικό τμήμα, όμοιο της λεκάνης που απαντάται στο ανατολικό τμήμα της τομής Δίρφυς.

Στο προφίλ του κύριου υδροκρίτη διακρίνονται οι κορυφές των ορέων και οι θέσεις των ρηγμάτων που απαντώνται. Στα σχήματα 3.28 και 3.29 φαίνεται πως ο κεντρικός υδροκρίτης μετατοπίζεται σημαντικά κατά μήκος του νησιού. Γενικότερα το νησί επιδεικνύει μια αξιοσημείωτη αλλαγή, στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στην πολικότητα τόσο της τοπογραφίας όσο και της αποστράγγισης και της τεκτονικής όπως έχει αναφερθεί από τους Leeder και Jackson (1993). Συγκεκριμένα όπως οι ίδιοι συγγραφείς σημειώνουν, η Εύβοια μοιάζει με ένα στραμένο τεκτονικό κέρας (twisted horst block). Στο βορειοδυτικό τμήμα η αποστράγγιση γίνεται μέσω των υδρογραφικών δικτύων που ρέουν προς τα νοτιοδυτικά, ενώ πίσω τους (στα ΒΑ σε στρέψη ως προς αυτές) στην ήπιας κλίσης κεκλιμένη ζώνη αναπτύσσεται η λεκάνη απορροής του Νηλέα ποταμού με το υδρογραφικό δίκτυο να ρέει προς τα βορειοανατολικά. Στο κεντρικό τμήμα του νησιού, υπάρχει μια ζώνη πλάτους 20 χλμ όπου η πολικότητα των ρηξιγενών ζωνών αντιστρέφεται και αυτό οδηγεί σε αναστροφή της

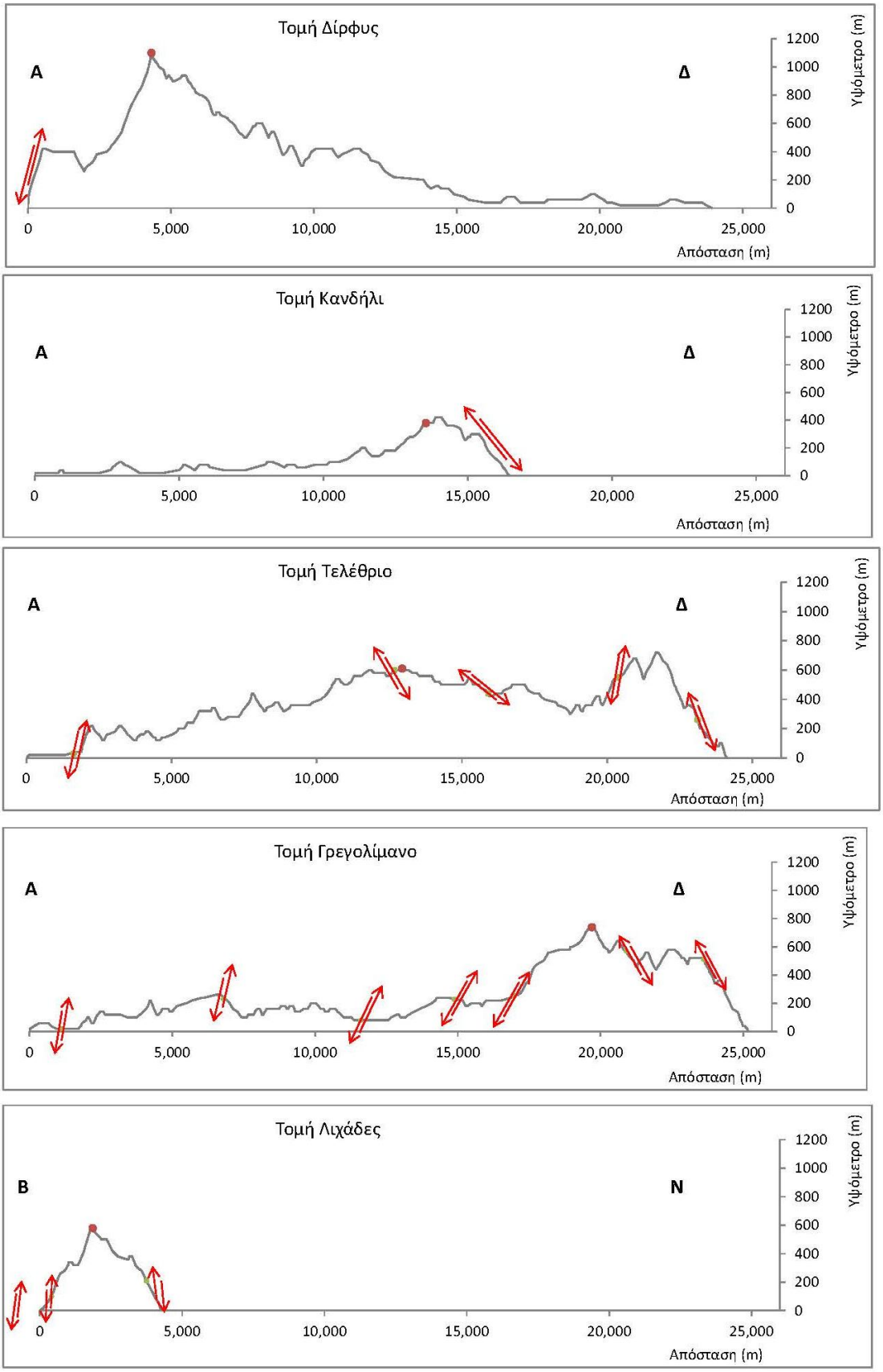
αποστράγγισης στο τμήμα, δηλαδή στα υδρογραφικά δίκτυα στη ζώνη Δίρφυος να ρέουν βόρεια-βορειοανατολικά και τις μεγάλες λεκάνες της κεκλιμένης ζώνης πίσω από αυτές (backtilted dip zone) να ρέουν προς τα νοτιοδυτικά.



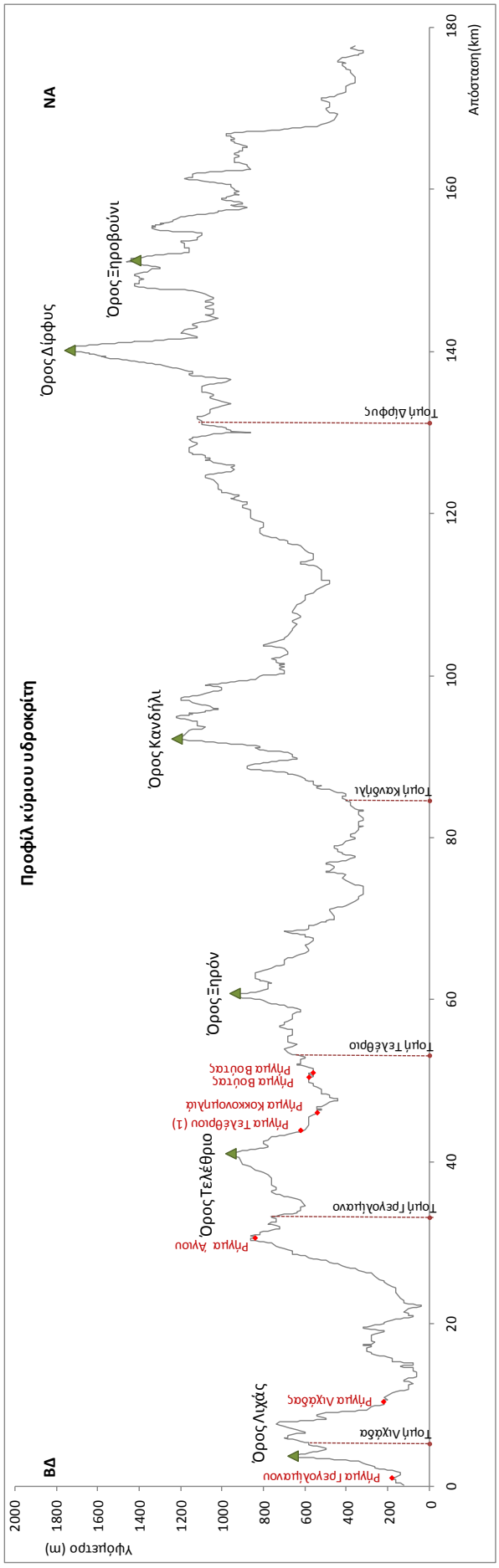
Σχήμα 3.28. Χάρτης που δείχνει τις θέσεις των κατά πλάτος τοπογραφικών τομών και του κύριου υδροκρίτη και τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή τους.



Σχήμα 3.29. Τρισδιάστατη απεικόνιση ΨΜΕ όπου φαίνεται η μετατόπιση του κεντρικού υδροκρίτη κατά μήκος του βόρειου τμήματος του νησιού.



Σχήμα 3.30. Τοπογραφικές τομές κατά πλάτος του νησιού στις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα 3.28. Με κόκκινο κύκλο σημειώνεται η θέση που η τομή τέμνει τον κύριο υδροκρίτη.



Σχήμα 3.31. Επίμηκες προφίλ του κύριου υδροκρίτη κατασκευασμένο από τις ισοϋψείς των 20 μ από τους τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000. Στο σχήμα φαίνονται τα όρη, τα σημεία τομής με τα ρήγματα υψηλής επικινδυνότητας και οι θέσεις των τοπογραφικών τομών που έγιναν και απεικονίζονται στο σχήμα 3.28.

3.3.6 Ανάλυση των τεκτονικών δομών της περιοχής μελέτης

Όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 3.2.6 αναφορικά με τη μεθοδολογία της παρούσας ανάλυσης, οι τεκτονικές γραμμές που μελετώνται συλλέχθηκαν από διάφορες πηγές. Συγκεκριμένα, από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ και τον σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας ψηφιοποιήθηκαν 841 γραμμικά στοιχεία, από τα οποία 446 είναι ρήγματα, 394 πιθανά ρήγματα και 1 επώθηση (οι τεκτονικές επαφές δεν χρησιμοποιούνται στην παρούσα ανάλυση), ενώ από βιβλιογραφικές πηγές ψηφιοποιήθηκαν 59 ρήγματα τα οποία ταξινομήθηκαν ως εξής: 1 πιθανό, 22 ρήγματα υψηλού επιπέδου διακινδύνευσης, 26 μετρίου επιπέδου διακινδύνευσης και 10 ως λοιπά ρήγματα. Εκτός από τις 910 συνολικά τεκτονικές γραμμές που αναφέρθηκαν παραπάνω, επίσης εντοπίστηκαν 2439 φωτογραμμώσεις από το συνδυασμό των χαρτών σκιασμένου ανάγλυφου (α), ενώ οι φωτογραμμώσεις αυτές εμφανίζονται στο συνδυασμό (β) ίσες με 2457. Και στις δύο περιπτώσεις ο αριθμός των τελευταίων είναι υπερδιπλάσιος των τεκτονικών γραμμών που καταγράφηκαν από τις άλλες πηγές.

Στο σχήμα 3.32 φαίνεται ο χάρτης των τεκτονικών γραμμών που προέκυψαν από τους χάρτες του ΙΓΜΕ και δεν είχαν παρουσιαστεί τον τεκτονικό χάρτη της περιοχής μελέτης (Σχήμα 2.13), ενώ στο σχήμα 3.33 παρουσιάζεται ο χάρτης της περιοχής μελέτης με το σύνολο του ρηξιγενούς ιστού (δεν συμπεριλαμβάνονται οι φωτογραμμώσεις). Ακολούθως, στο χάρτη του σχήματος 3.34 τα τεκτονικά στοιχεία έχουν ταξινομηθεί με βάση τα αζιμούθια για να φανεί το τεκτονικό καθεστώς που ελέγχει (μέσω της υψηλής συχνότητας γραμμών) τα επιμέρους τμήματα της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα στην περιοχή του ανερχόμενου τεμάχους της ζώνης Κανδηλίου, δηλαδή στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, επικρατούν ΑΝΑ-ΔΒΔ και ΝΝΑ-ΒΒΔ διευθύνσεις όπως και στο βορειοανατολικό τμήμα. Στη χερσόνησο των Λιχάδων και στο βόρειο τμήμα του νησιού επικρατούν οι ΑΒΑ-ΔΝΔ διευθύνσεις ενώ στο νοτιοανατολικό τμήμα απαντώνται κυρίως ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΑΒΑ-ΔΝΔ διευθύνσεις τεκτονικών γραμμών.

Από το χάρτη του σχήματος 3.33, κατασκευάστηκε ο χάρτης συχνότητας (Σχήμα 3.35) τεκτονικών γραμμών, ο οποίος ποσοτικοποιεί το συνολικό αριθμό των γραμμών που απαντώνται στην περιοχή μελέτης ανά κελί 20 μ*20 μ. Η μέγιστη συχνότητα των τεκτονικών γραμμών βρέθηκε 1,40/κελί και από το αντίστοιχο σχήμα γίνεται φανερό πως οι υψηλές τιμές

συγκεντρώνονται στο ΒΑ και ΝΑ τμήμα και στην περιοχή της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου έως τις ανατολικές ακτές. Αντίστοιχα οι χαμηλότερες τιμές συγκεντρώνονται στις τρεις (3) μεγάλες Νεογενείς λεκάνες της περιοχής μελέτης, που είναι αυτές των Ψαχνών, του Νηλέα και της Ιστιαίας.

Στο επόμενο βήμα, προκειμένου να εντοπιστούν τα γραμμικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά από το σκισμένο ανάγλυφο, όπως αναφέρθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο της μεθοδολογίας 3.2.6, δημιουργήθηκαν 8 χάρτες με φωτεινή πηγή σε ύψος 45^{o} και γωνίες 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° και 315° (Σχήμα 3.36). Οι τέσσερις πρώτοι και οι τέσσερις τελευταίοι συνδυάστηκαν με την τεχνική της επικάλυψης (ArcMap) και προέκυψαν δύο εικόνες (Σχήμα 3.37α και 3.37β αντίστοιχα) με πολλαπλές διευθύνσεις φωτισμού, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή με αυτόματο τρόπο (PCI Geomatica) των φωτογραμμώσεων της περιοχής μελέτης (Σχήμα 3.38α και 3.38β αντίστοιχα).

Από την ανάλυση των διευθύνσεων των φωτογραμμώσεων (Σχήμα 3.38α και 3.38β) και του χάρτη του ρηξιγενούς ιστού που προέκυψε από τις άλλες πηγές (Σχήμα 3.33) φαίνεται πως οι φωτογραμμώσεις διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ έως Β-Ν δεν ταιριάζουν με τα ρήγματα, τουλάχιστον όσον αφορά τις κύριες διευθύνσεις τους, ο οποίες είναι ΝΔ-ΒΑ έως ΒΔ-ΝΑ. Ακολούθως οι φωτογραμμώσεις συγκρίθηκαν με τους διαθέσιμους τοπογραφικούς χάρτες καθώς και με το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής και φαίνεται πως οι περισσότερες από τις φωτογραμμώσεις της εικόνας (α) αντιπροσωπεύουν θετικές γραμμώσεις, όπου δηλαδή το τοπογραφικό ανάγλυφο κυριαρχεί, ενώ της δεύτερης εικόνας (β) αντιπροσωπεύουν αρνητικές γραμμώσεις, δηλαδή κυριαρχεί το υδρογραφικό δίκτυο και τα ρήγματα της περιοχής. Αναφορικά με την πυκνότητα των φωτογραμμώσεων, η οποία υπολογίστηκε ως ανωτέρω για να ποσοτικοποιήσει το σύνολο των γραμμών που απαντώνται ανά κελί 20 μ*20 μ, φαίνεται στο σχήμα 3.39 πως η μέγιστη συχνότητα των φωτογραμμώσεων (α) και (β) βρέθηκε 2,44/κελί και 2,28/κελί αντίστοιχα και επίσης φαίνεται πως οι υψηλές τιμές συγκεντρώνονται πλησίον του κεντρικού υδροκρίτη στο όρος Δίρφυς, Κανδήλι και Τελέθριο καθώς επίσης και σε πεδινά τμήματα στο ΒΑ και ΝΑ τμήμα της περιοχής μελέτης. Αντίστοιχα οι χαμηλότερες τιμές συγκεντρώνονται στις τρεις (3) μεγάλες Νεογενείς λεκάνες της περιοχής μελέτης, των Ψαχνών, του Νηλέως και της Ιστιαίας καθώς και στη χερσόνησο των Λιχάδων.

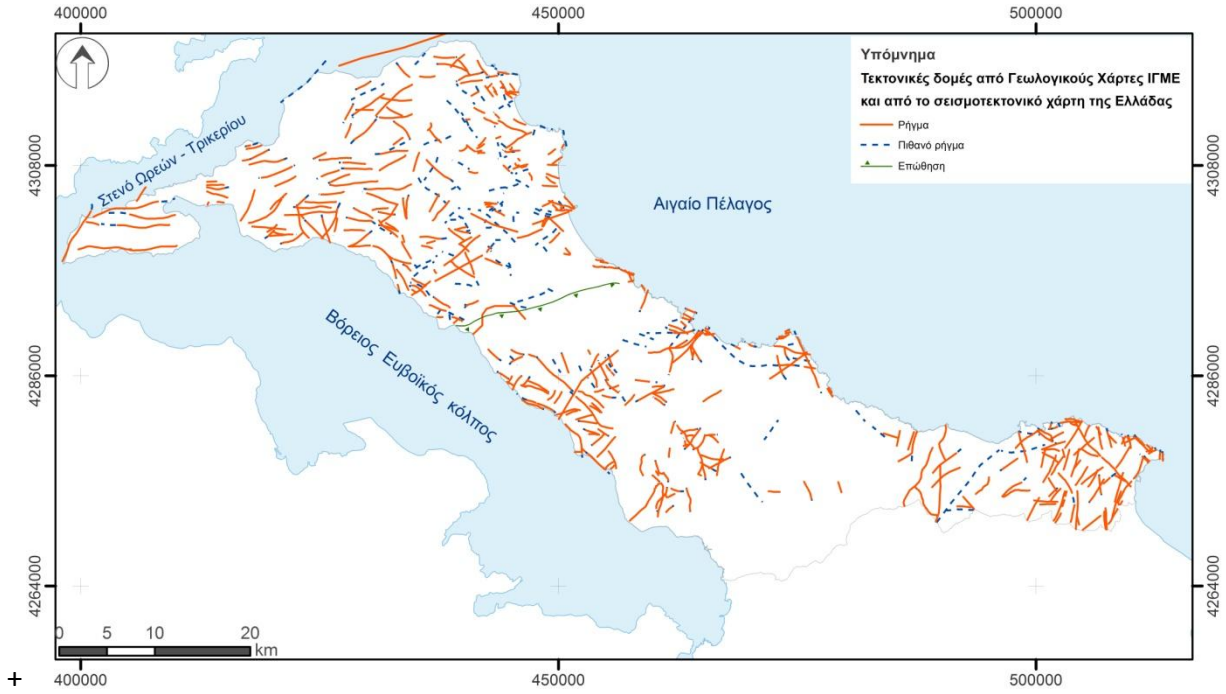
Ακολούθως προκειμένου να γίνει η στατιστική επεξεργασία, δημιουργήθηκαν ροδογράμματα συχνότητας και πυκνότητας για το σύνολο του ρηξιγενούς ιστού και όπως φαίνεται από τα σχήματα αυτών-σχήματα 3.40α και 3.40β αντίστοιχα-η κύρια διεύθυνση που επικρατεί είναι Α-Δ, ενώ δευτερεύουσες διευθύνσεις είναι οι ΒΑ-ΝΔ και ΝΑ-ΒΔ, δηλαδή 40°-145° (220°-325°). Τα μήκη είναι σε καλή αντιστοιχία με τις γενικές διευθύνσεις, με εξαίρεση την 140°-145° (320°-325°) και την 60°-65° (240°-245°) (οι οποίες αποτελούν επικρατούσες διευθύνσεις μηκών) και την 130°-135° (310°-315°) η οποία εμφανίζει μεγάλο μήκος σε σχέση με τη διεύθυνσή της. Για μεγαλύτερη λεπτομέρεια και για να ελεγχθεί εάν οι γενικές διευθύνσεις του συνόλου του ρηξιγενούς ιστού καθορίζονται από μια συγκεκριμένη ομάδα τεκτονικών γραμμών, για κάθε μία κατασκευάστηκαν ροδογράμματα συχνότητας και πυκνότητας τα οποία παρουσιάζονται στα σχήματα Π.1, Π.2 και Π.3. Στην κατηγορία "λοιπά ρήγματα" του πρώτου σχήματος (σχήμα Π. 1) οι κύριες διευθύνσεις είναι ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ, ενώ η πυκνότητά τους έχει κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και δευτερεύουσα ΒΔ-ΝΑ. Η επώθηση έχει διεύθυνση σχεδόν Α-Δ και η πιθανή προέκταση της ζώνης Δίρφυος ΒΔ-ΝΑ. Τα ρήγματα του σχήματος Π.2 παρουσιάζουν κύριες διευθύνσεις Α-Δ και δευτερεύουσες ΒΑ-ΝΔ και ΝΑ-ΒΔ όπως και τα πιθανά ρήγματα, των οποίων όμως τα μήκη παρουσιάζουν κύρια διεύθυνση την ΒΑ-ΝΔ και δευτερεύουσα την ΒΔ-ΝΑ. Τέλος στο σχήμα Π.3 τα ρήγματα υψηλού επιπέδου διακινδύνευσης έχουν κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και η πυκνότητά τους έχει κύρια ΒΑ-ΝΔ και δευτερεύουσα ΒΔ-ΝΑ, ενώ τα ρήγματα μετρίου επιπέδου διακινδύνευσης έχουν κύριες διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και Α-Δ, και οι δευτερεύουσες έχουν ΒΑ-ΝΔ. Από την παραπάνω περιγραφή των ροδογραμμάτων δεν φαίνεται κάποια ομάδα τεκτονικών γραμμών να καθορίζει τη γενικότερη τάση των διευθύνσεων του συνόλου του ρηξιγενούς ιστού.

Με μια πρώτη ματιά λοιπόν φαίνεται πως στην περιοχή εντοπίζονται διαφορετικές λιθοτεκτονικές περιοχές με διαφορετικές τάσεις τεκτονικών γραμμών (σχήμα 3.34, σχήμα 3.40α και 3.40β). Για να μελετηθούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι διαφοροποιήσεις των διευθύνσεων αυτών των δομών (χωρική κατανομή γραμμώσεων σε διαφορετικά τμήματα), η περιοχή έρευνας υποδιαιρέθηκε σε κελιά μεγέθους 30*30 χλμ τα οποία αριθμήθηκαν (1-5) όπως φαίνεται στο σχήμα Π.4. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται και οι τάσεις των τεκτονικών γραμμών σε κάθε κελί, οι οποίες προσδιορίστηκαν από ροδογράμματα. Τα τελευταία έδειξαν πως οι κύριες τάσεις (Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ και ΝΑ-ΒΔ) που αναγνωρίστηκαν από το σχήμα 3.40α έχουν περιφερειακή κατανομή. Αναλυτικά, στις περιοχές 1 και 2, βόρειο τμήμα περιοχής μελέτης,

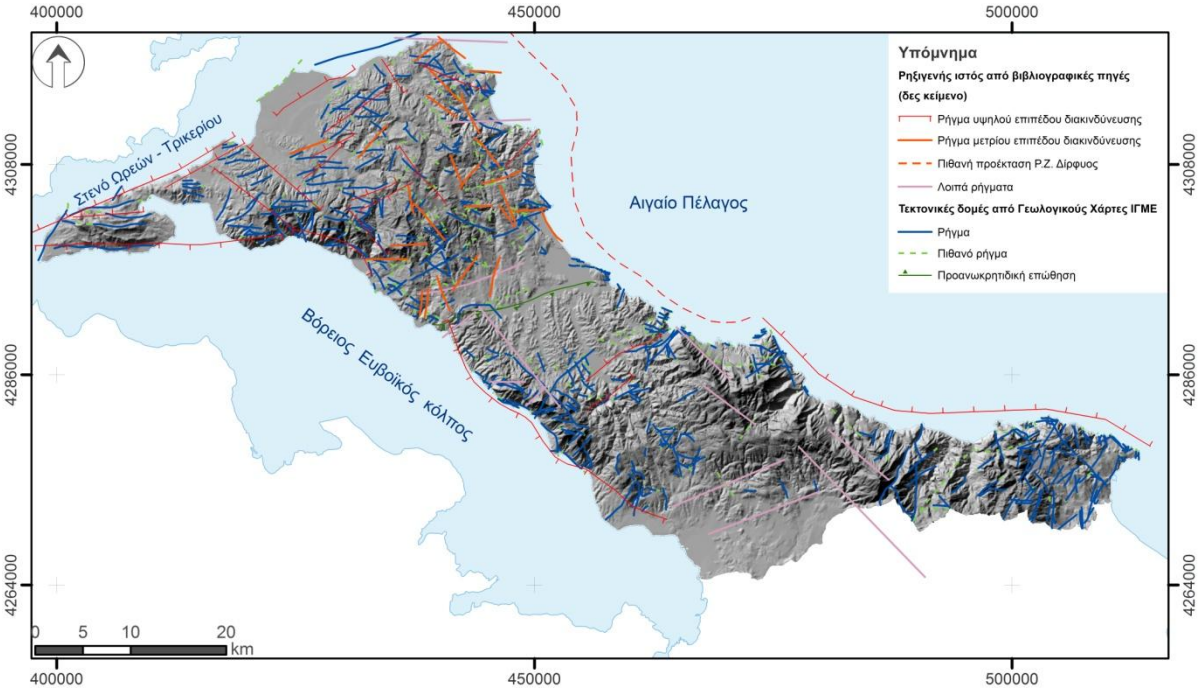
επικρατούν διευθύνσεις Α-Δ και οι δευτερεύουσες είναι ΒΑ-ΝΔ και ΝΑ-ΒΔ. Στο νότιο δυτικό και κεντρικό τμήμα, περιοχές 3 και 4 αντίστοιχα, οι κύριες διευθύνσεις είναι παράλληλες στις ακτές και στις κύριες ρηξιγενείς ζώνες, ενώ οι δευτερεύουσες είναι ΒΑ-ΝΔ. Τέλος στο νοτιοανατολικό τμήμα, κελί 5, οι κύριες διευθύνσεις είναι κάθετες στην ακτή, δηλαδή ΒΑ-ΝΔ και οι δευτερεύουσες ΒΔ-ΝΑ.

Αναφορικά με τις φωτογραμμώσεις, ακόμη και στις υποπεριοχές 1-5 είναι ευδιάκριτη η διαφορά στις διευθύνσεις, σε σύγκριση με το ρηξιγενή ιστό, που αναφέρθηκε παραπάνω. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο σχήμα Π. 5, στις υποπεριοχές 1, 2, 3 και 4 οι φωτογραμμώσεις έχουν κύρια διεύθυνση Β-Ν ενώ στην υποπεριοχή 5 αλλάζει ελαφρώς σε ΒΔ-ΝΑ. Οι διευθύνσεις αυτές είναι πιθανό να αποδίδονται στους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου στους οποίους φαίνεται να αντιστοιχούν κυρίως οι φωτογραμμώσεις (β) και οι οποίοι προφανώς έχει επηρεαστεί από κάποιες νεότερες διαρρήξεις. Η σύγκριση των διευθύνσεων των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου με εκείνες των αλπικών και νεοτεκτονικών διαρρήξεων γίνεται στο κεφάλαιο 4 που ακολουθεί.

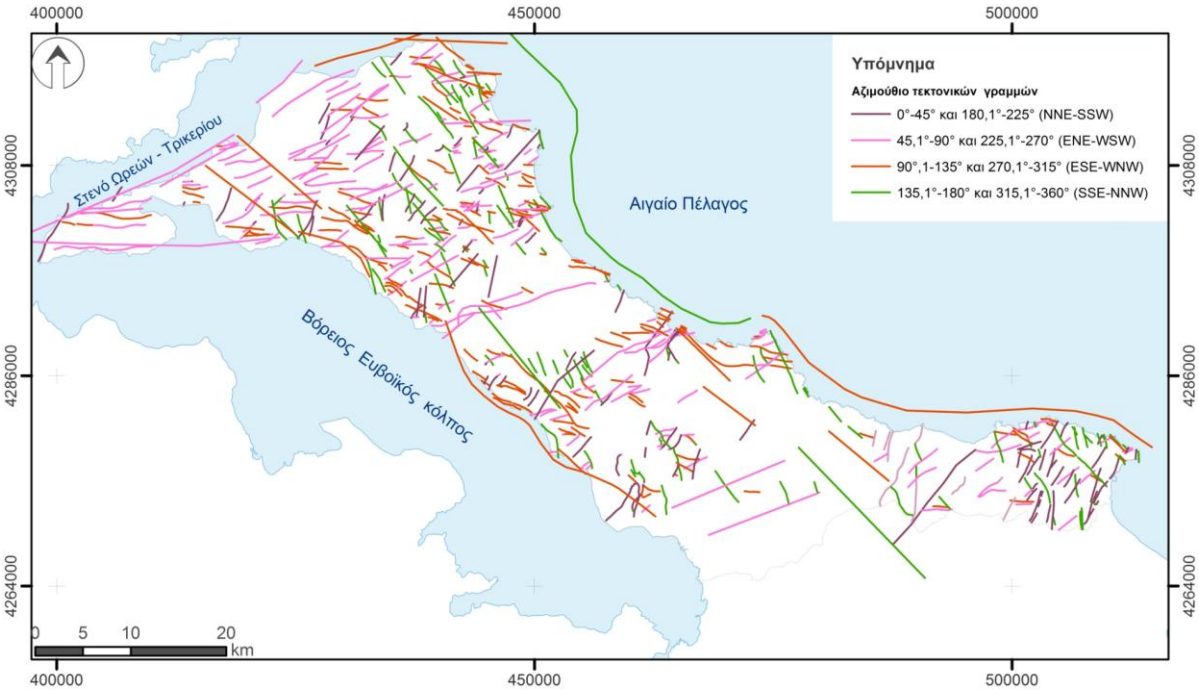
Από τα ροδογράμματα, τόσο ανά τμήμα της περιοχής μελέτης όσο και συνολικά, προκύπτει πως οι διευθύνσεις των τεκτονικών δομών (δεν συμπεριλαμβάνονται οι φωτογραμμώσεις) της περιοχής μελέτης συνάδουν με τη γενικότερη τεκτονική της περιοχής και έτσι τα αποτελέσματα υποδηλώνουν πως η περιοχή μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους τμήματα (υπο-περιοχές) με βάση τις τάσεις των διευθύνσεων προσανατολισμού των γραμμώσεων. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί πως τα ροδογράμματα εμφανίζουν κυρίως τις μεγάλες διαφορές στις τάσεις και αυτό είναι πιθανό να οδηγεί σε απόκρυψη των μικρότερων τάσεων. Επίσης, τα αποτελέσματα αυτής της αυθαίρετης διαίρεσης σε κελιά αντιμετωπίζεται σε παρακάτω κεφάλαια όπου οι τεκτονικές γραμμές επαναξιολογούνται με βάση άλλες υποδιαιρέσεις, π.χ. με βάση την επίδραση του τεκτονισμού στις λεκάνες απορροής (Κεφάλαιο 4, υποκεφάλαιο 4.3.7).



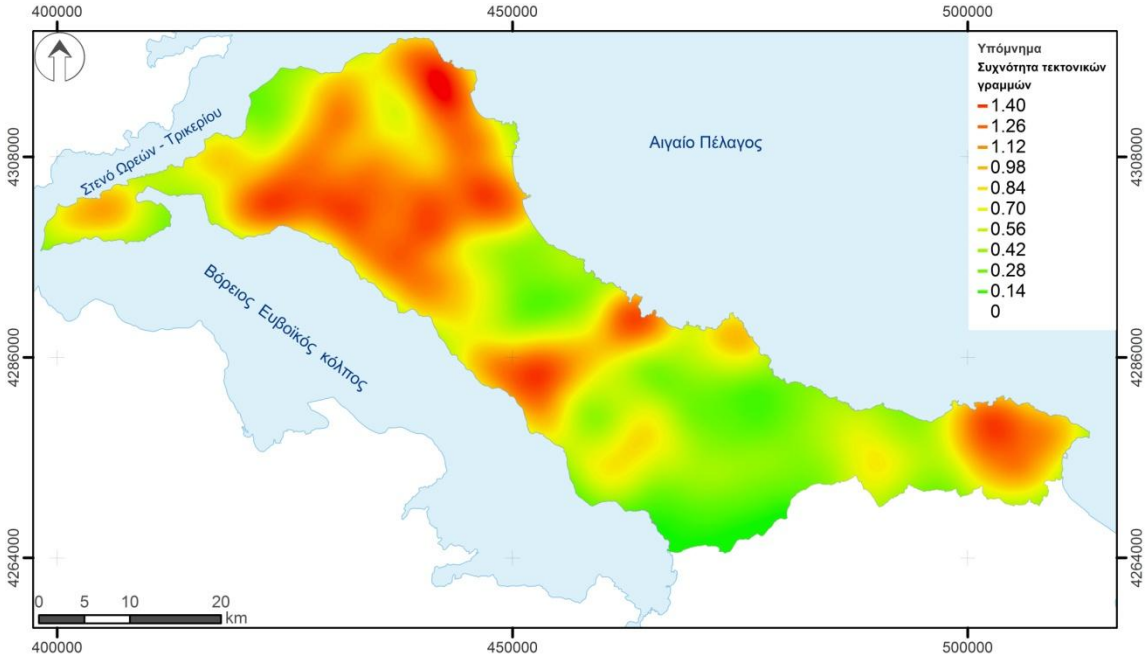
Σχήμα 3.32. Χάρτης τεκτονικών γραμμών της περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από την ψηφιοποίησή τους από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ και από τον σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας.



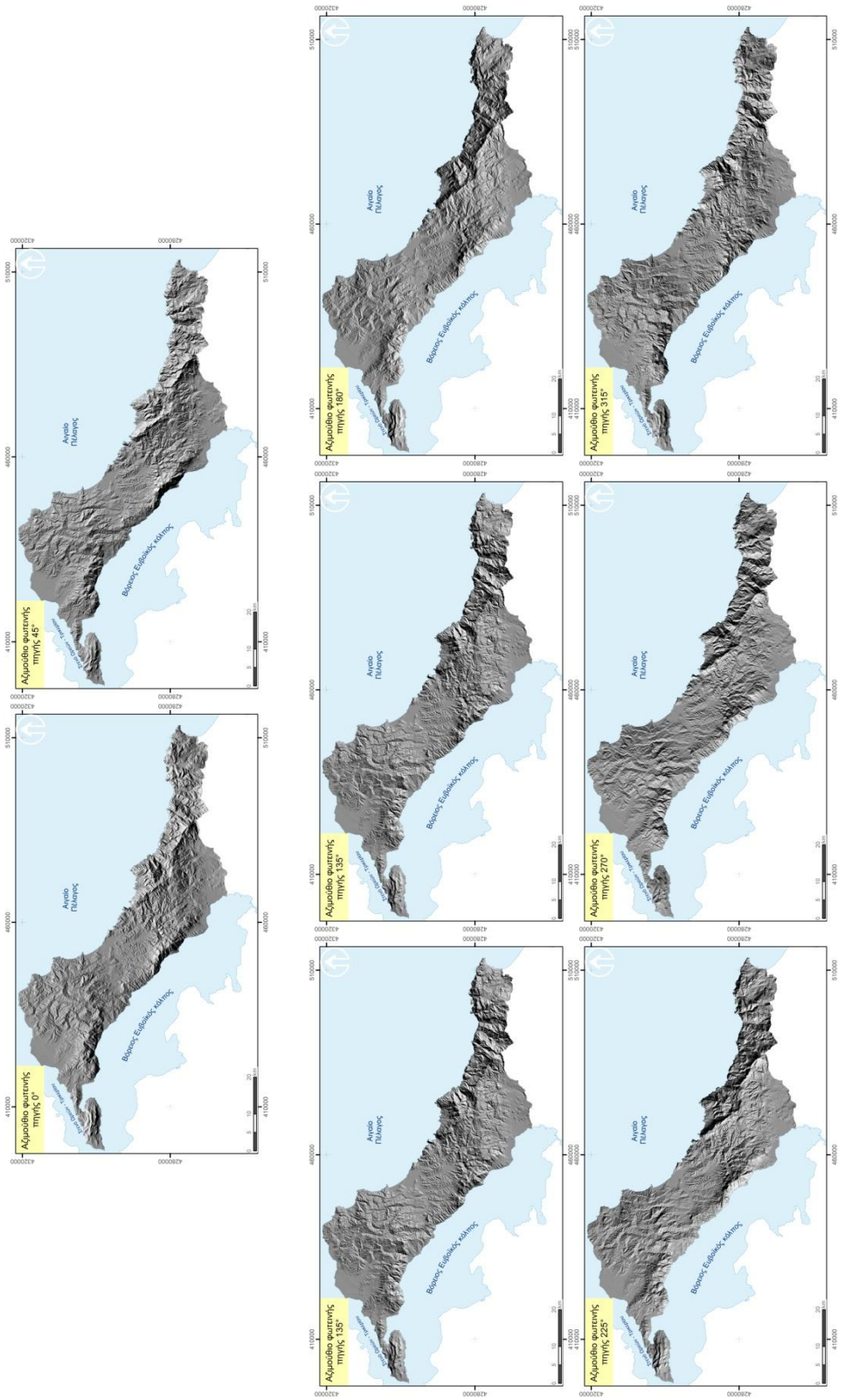
Σχήμα 3.33. Χάρτης τεκτονικών δομών περιοχής μελέτης.



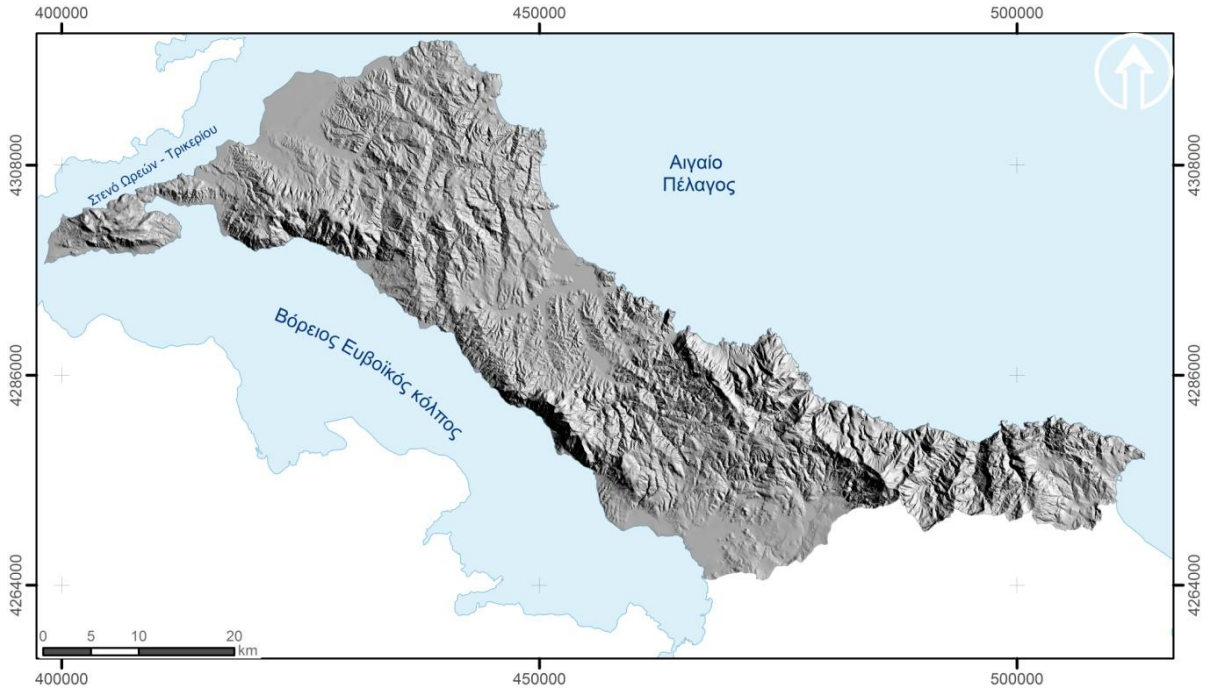
Σχήμα 3.34. Χάρτης προσανατολισμού των τεκτονικών δομών της περιοχής μελέτης.



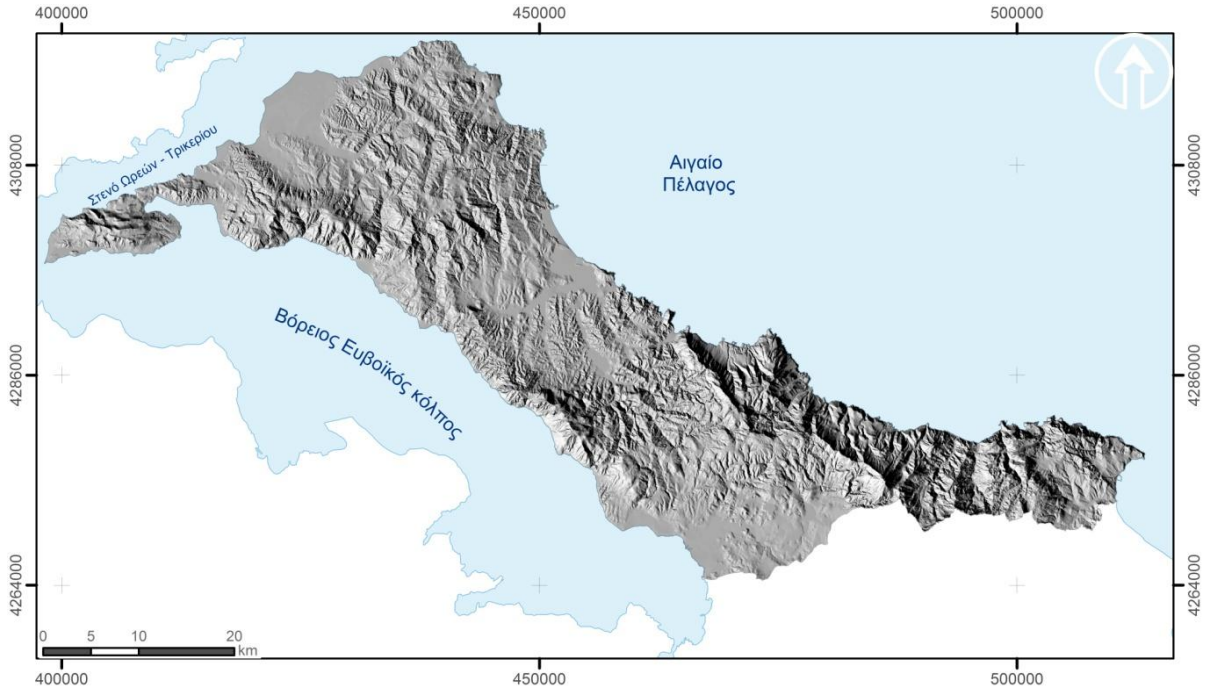
Σχήμα 3.35. Χάρτης συχνότητας των τεκτονικών γραμμών της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 3.36. Οκτώ (8) χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου που προέκυψαν από το ΨΜΕ με διευθύνσεις φωτισμού (αζιμούθιο φωτεινής πηγής) 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° και 315° και ύψος 45°.

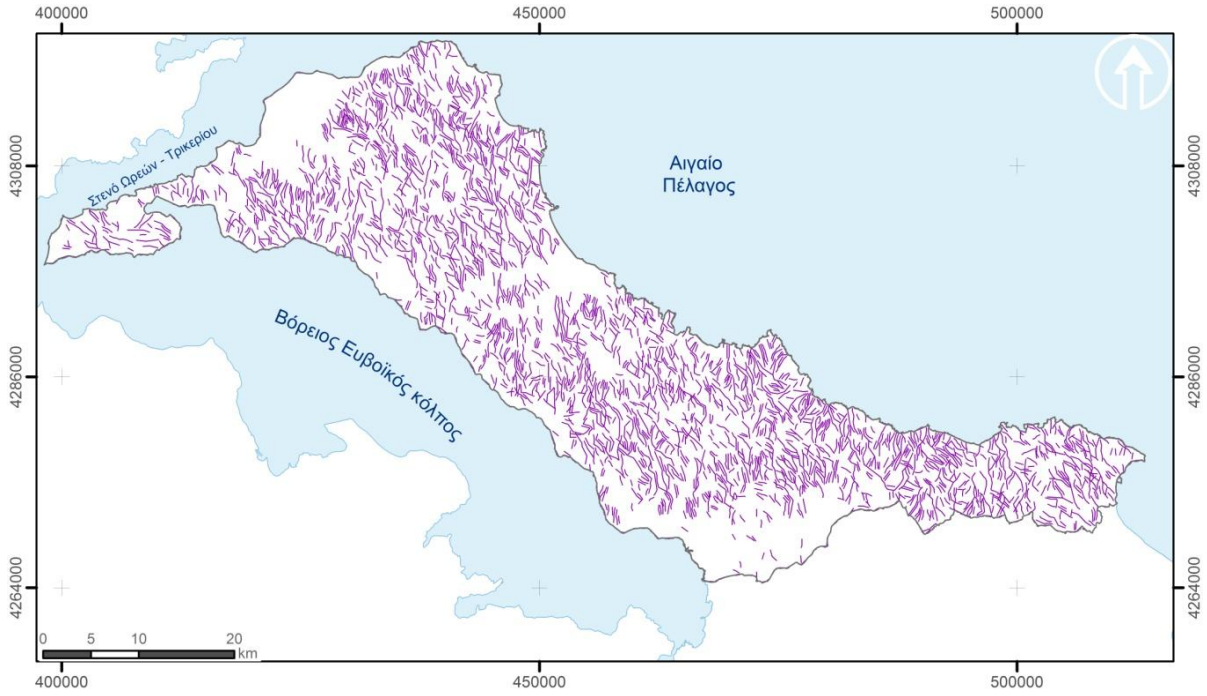


(α)

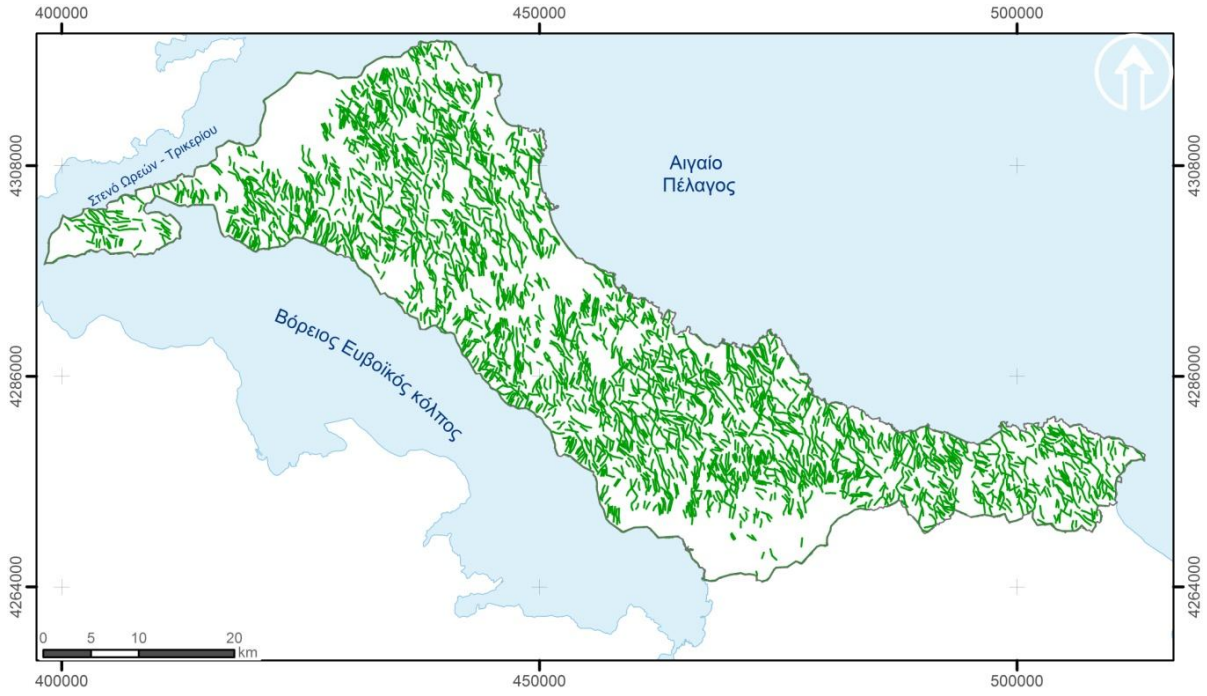


(β)

Σχήμα 3.37. Δύο χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου που προέκυψαν από συνδυασμό διαφορετικών εικόνων σκίασης. α: Συνδυασμός τεσσάρων εικόνων με γωνίες πηγής φωτός 0°, 45°, 90° και 135° και β: Συνδυασμός τεσσάρων εικόνων με γωνίες πηγής φωτός 180°, 225°, 270° και 315°.

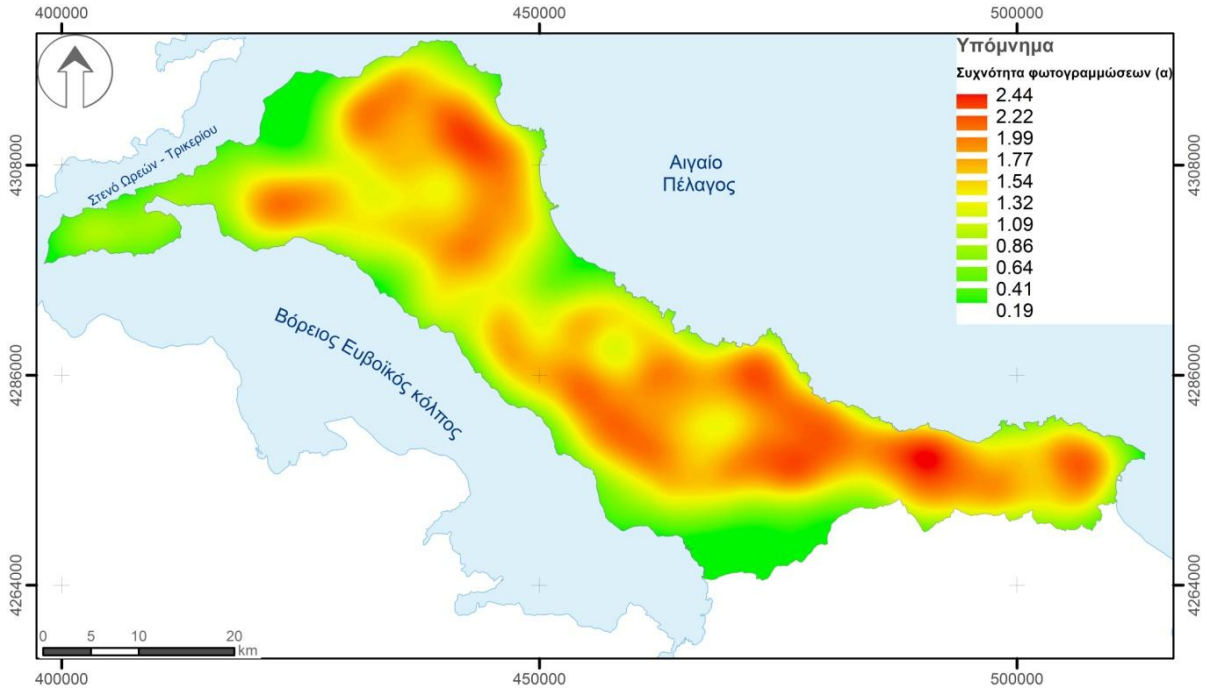


(α)

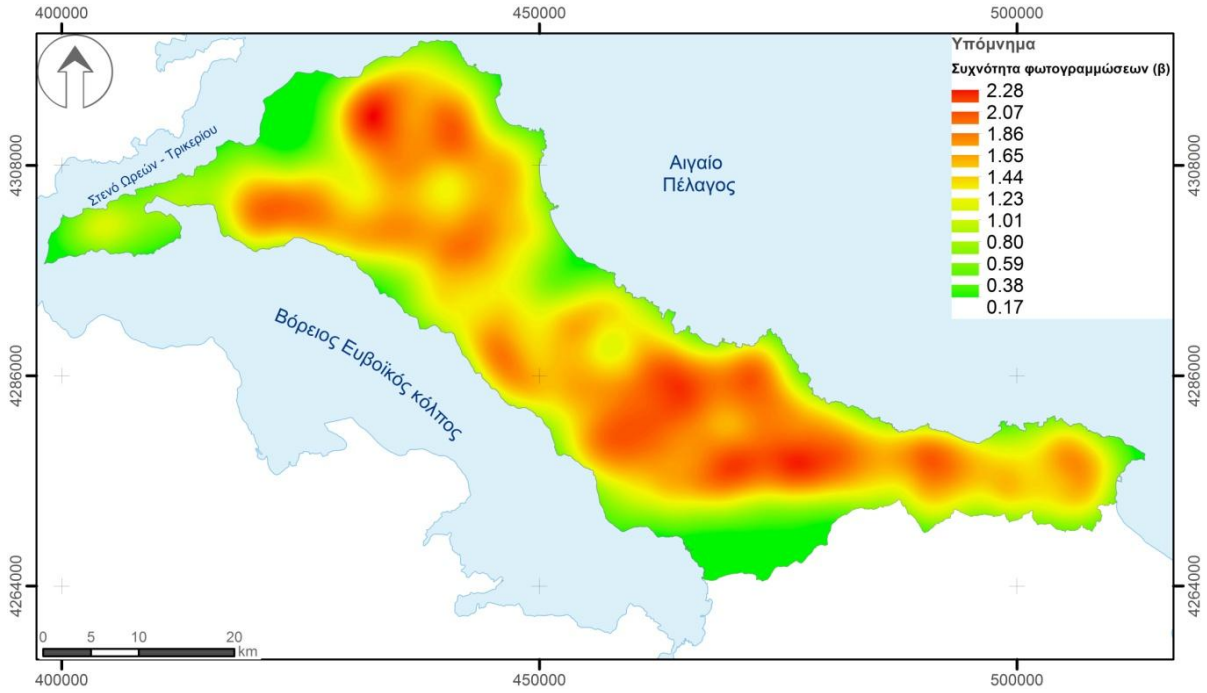


(β)

Σχήμα 3.38. Εξαγωγή φωτογραμμώσεων με αυτόματο τρόπο από τους χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου. (α): Φωτογραμμώσεις που προέκυψαν από συνδυασμό τεσσάρων εικόνων σκιασμένου ανάγλυφου με γωνίες πηγής φωτός 0°, 45°, 90° και 135° και (β): Φωτογραμμώσεις που προέκυψαν από συνδυασμό τεσσάρων εικόνων σκιασμένου ανάγλυφου με γωνίες πηγής φωτός 180°, 225°, 270° και 315°.



(α)

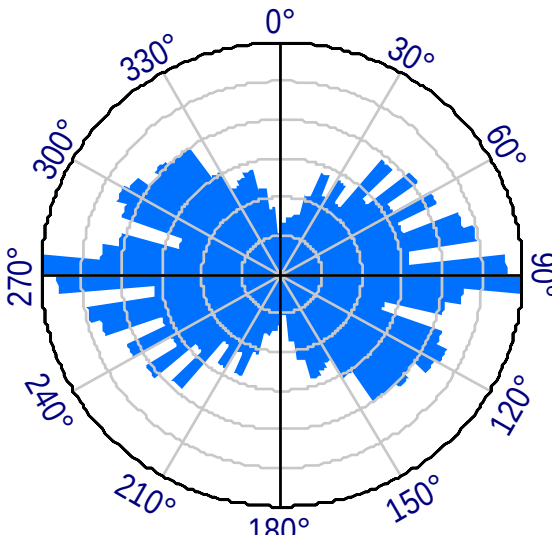


(β)

Σχήμα 3.39. Χάρτης συχνότητας (α) φωτογραμμώσεων (α) και (β) φωτογραμμώσεων (β), της περιοχής μελέτης.

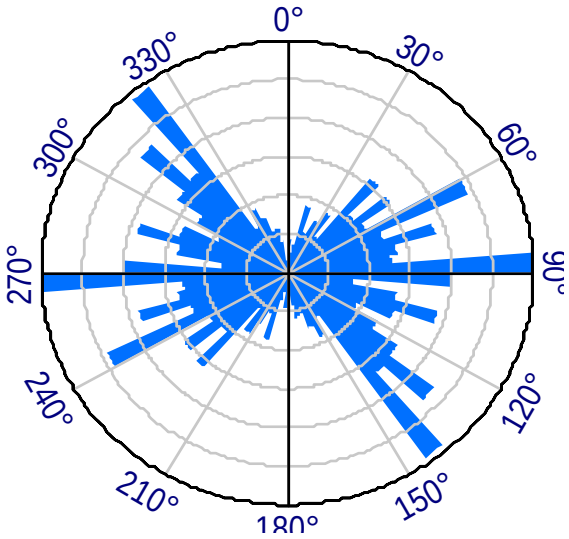
.

Συχνότητα_συνόλου_τεκτονικών_γραμμών



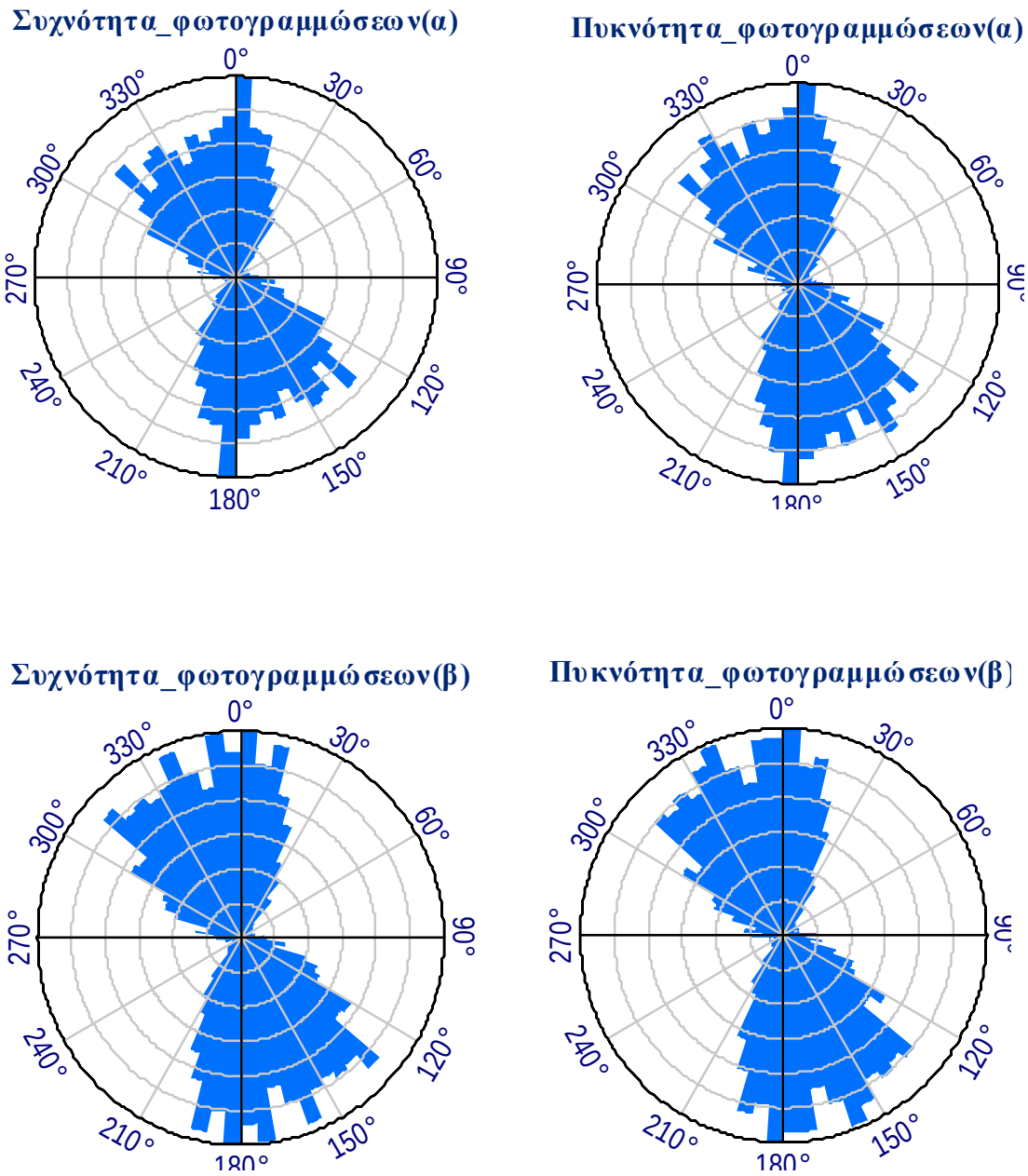
(α)

Πυκνότητα_συνόλου_τεκτονικών_γραμμών



(β)

Σχήμα 3.40. Ροδογράμματα (α) συχνότητας και (β) πυκνότητας για το σύνολο του ρηξινενούς ιστού της περιοχής μελέτης (910 τεκτονικές γραμμές).



Σχήμα 3.41. Ροδογράμματα συχνότητας (αριστερά) και πυκνότητας (δεξιά) φωτογραμμώσεων της περιοχής μελέτης όπως προέκυψαν από την αυτόματη εξαγωγή τους από το σκιασμένο ανάγλυφο (α) και το σκιασμένο ανάγλυφο (β) (δες σχήμα 3.38 και κείμενο).

3.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η γεωμορφομετρία έλαβε ιδιαίτερη ώθηση εξαιτίας του γεγονότος πως η μελέτη των γεωμορφών και η αναγνώριση των διεργασιών που επιδρούν στην επιφάνεια της γης είναι μεγάλης σημασίας, τόσο για τις γεωμορφολογικές μελέτες όσο και για τις αναλύσεις αναγλύφου και σχετίζονται με την επιλογή θέσεων και την αξιολόγηση αυτών (Miliaresis, 2008). Εντούτοις, στην προσπάθεια να υλοποιηθούν τέτοιες μελέτες θα πρέπει να αντιμετωπιστεί η πολυπλοκότητα της γήινης επιφάνειας, η οποία οδηγεί στην ανάγκη να διαχωριστεί η επιφάνεια σε τμήματα τα οποία θα πιο εύκολα διαχειρίσιμα. Πρωτύτερα της διαδικασίας εντοπισμού συγκεκριμένων γεωμορφών, και ανάλυσης αυτών (σχήμα, μέγεθος κτλ.), μέσω συγκρίσεων με τις γειτονικές περιοχές (αυτή η διαδικασία ονομάζεται ειδική γεωμορφομετρία και συζητείται στο κεφάλαιο 5), συνηθίζεται η ανάλυση της γήινης επιφάνειας ως μια συνεχής, τραχιά επιφάνεια η οποία περιγράφεται από τις ιδιότητες σημείων ή τμημάτων αυτής (Evans, 1990).

Στο κεφάλαιο αυτό συνεπώς της γεωμορφομετρίας, αρχικά αναλύθηκε το ΨΜΕ και τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, η μορφολογική κλίση, ο προσανατολισμός κλίσεων, οι καμπυλότητες, ο τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης και ο δείκτης ορμητικότητας ρεμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά μπορεί να σημειωθεί πως το μεγαλύτερο υψόμετρο της περιοχής εντοπίζεται στο όρος Δίρφυς, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (περίπου 83%) έχει υψόμετρο μικρότερο των 600 μ. Οι μεγαλύτερες κλίσεις εντοπίζονται στις πλαγιές των ορέων Δίρφυς και Κανδήλι, ενώ ο προσανατολισμός δεν παρουσιάζει κάποια σημαντική επικράτηση.

Ακολούθως χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές ΣΓΠ για να ταξινομηθεί το ανάγλυφο σε κατηγορίες γεωμορφών με χρήση του τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού. Με αυτή τη μεθοδολογία εντοπίστηκαν, με ημι-αυτοματοποιημένο τρόπο, είτε συγκεκριμένες γεωμορφές με βάση τα στοιχεία του Weiss (2001), είτε γενικότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου. Με βάση την ταξινόμηση σε 4 τάξεις, η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής ανήκει στην κατηγορία απότομες κλίσεις, ενώ με βάση την ταξινόμηση σε 10 τάξεις η μισή περιοχή ανήκει στις ανοιχτές κλιτύες, το άλλο 25% στις πεδιάδες και το υπόλοιπο μοιράζεται στις λοιπές κατηγορίες. Από τη μελέτη των σχέσεων των τοπογραφικών χαρακτηριστικών και των τάξεων

των γεωμορφών με στατιστική ανάλυση ανά ζώνες προέκυψε η θετική σχέση των τιμών καμπυλότητας και του τοπογραφικού δείκτη εντοπισμού με την ακτίνα γειτονίας (μικρές τιμές έχουν μικρή ακτίνα και το αντίθετο). Αναφορικά με τη σχέση των γεωλογικών σχηματισμών με τις ομάδες των ταξινομήσεων μπορεί να συνοψιστεί πως στην κατηγορία πυθμένες κοιλάδων επικρατούν οι αλλουβιακές προσχώσεις και ευδιάβρωτοι γεωλογικοί σχηματισμοί, στην αποστράγγιση μέσης κλίσης επικρατούν οι ευδιάβρωτοι σχηματισμοί και οι ανθεκτικοί, ενώ το 50% των ανοιχτών κλιτύων αποτελείται από ανθεκτικά πετρώματα. Τέλος από τη μελέτη των χαρτών που προέκυψαν ως ανωτέρω, εντοπίστηκαν θέσεις που σχετίζονται με την τεκτονική και οι οποίες θα μελετηθούν σε μεγαλύτερη κλίμακα στο κεφάλαιο 5 της γεωμορφολογίας.

Το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης ταξινομήθηκε κατόπιν σύμφωνα με τη διεργασία που αναπτύχθηκε από τον Dikau (1989) και τους Dikau et al. (1991) και το 51% αυτής υπάχθηκε στην κατηγορία λοφώδης, το 23% στην κατηγορία πεδική και το υπόλοιπο 26% στην κατηγορία ορεινή, ενώ ταυτόχρονα επιβεβαιώθηκαν οι θέσεις ενδιαφέροντος που είχαν εντοπιστεί παραπάνω. Λαμβάνοντας υπόψη τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, η περιοχή μελέτης μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις κύριες φυσιογραφικές ενότητες που είναι (α) οι ορεινές περιοχές Λιχάδων στο βορειοδυτικό τμήμα, Τελέθριου και Κανδηλίου στα δυτικά-βορειοδυτικά και νοτιοδυτικά αντίστοιχα και Δίρφυος στο νοτιοανατολικό τμήμα, (β) οι τρεις πεδιάδες- λεκάνες- στο νότιο, στο ανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα, και (γ) οι λοιπές λοφώδεις περιοχές που καταλαμβάνουν την υπόλοιπη περιοχή.

Στα τοπογραφικά προφίλ που κατασκευάστηκαν στην περιοχή είναι εμφανής η επίδραση της τεκτονικής στο ανάγλυφο. Στις τομές Δίρφυς και Τελέθριο είναι εμφανής η έντονη κατά βάθος διάβρωση, ενώ στις τομές Γρεγολίμανο και Τελέθριο είναι ιδιαίτερα έντονη η παρουσία των εκτενών Νεογενών λεκανών οι οποίες έχουν διαμορφώσει ένα ομαλό ανάγλυφο στο ανατολικό τμήμα, όμοιο της λεκάνης Ψαχνών που απαντάται στο ανατολικό τμήμα της τομής Δίρφυς.

Από την ανάλυση των τεκτονικών γραμμών και των φωτογραμμώσεων φαίνεται πως η μεγαλύτερη συχνότητα των πρώτων εντοπίζεται στα όρη Κανδήλι και Τελέθριο όπως και στο ΒΑ και ΝΑ τμήμα της περιοχής μελέτης, ενώ η αντίστοιχη των δεύτερων απαντάται πλησίον του κεντρικού υδροκρίτη στα όρη Δίρφυς, Κανδήλι, Τελέθριο και επίσης στο ΒΑ και ΝΑ τμήμα της περιοχής μελέτης. Τα ροδογράμματα με τα αζιμούθια των τεκτονικών δομών

δημιουργήθηκαν αφενός μεν για να ελεγχθεί το ενδεχόμενο ύπαρξης κάποια τάσης σε τμήματα της περιοχής ή σε συγκεκριμένες ρηξιγενείς ζώνες, αφετέρου για να αναλυθεί η σχέση τους με το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής (υποκεφάλαιο 4.4). Αναφορικά με τις διευθύνσεις των τεκτονικών δομών, η κύρια διεύθυνση του ρηξιγενούς ιστού είναι Α-Δ και η δευτερεύουσα είναι ΒΑ-ΝΔ και ΝΑ-ΒΔ ενώ αντίθετα οι φωτογραμμώσεις έχουν κύρια διεύθυνση Β-Ν, εγκάρσια στη διεύθυνση του ρηξιγενούς ιστού, η οποία κατά θέσεις γίνονται ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Οι διευθύνσεις των φωτογραμμώσεων προκύπτει πως συμφωνούν με αυτές του υδρογραφικού δικτύου στο σύνολο ή για τις μεγαλύτερες τάξεις τουλάχιστον, ενώ είναι πιθανό το τελευταίο να έχει επηρεαστεί από νεότερες διαρρήξεις αφού οι διευθύνσεις του διαφέρουν από αυτές των αλπικών.

Κεφάλαιο 4.

Ανάλυση υδρογραφικών συστημάτων σε περιφερειακή κλίμακα

4.1 Εισαγωγή

4.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

4.2.1 Ποσοτική ανάλυση υδρογραφικών δικτύων

4.2.1.1 Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου

4.2.1.2 Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου

4.2.1.3 Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου

4.2.2 Ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση λεκανών απορροής

4.2.2.1 Άμεσα μετρούμενες παράμετροι λεκανών απορροής

4.2.2.2 Υπολογιζόμενες παράμετροι λεκανών απορροής

4.2.3 Πολυκριτηριακή ανάλυση της νεοτεκτονικής δραστηριότητας σε περιφερειακή κλίμακα

4.2.4 Μέθοδος υπολογισμού του νέου σύνθετου δείκτη IRTA (Index of relative tectonic activity- Δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής) για την εκτίμηση της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας

4.3 Αποτελέσματα

4.3.1 Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης υδρογραφικών δικτύων

4.3.2 Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης λεκανών απορροής

4.3.3 Διαφοροποιήσεις μορφομετρικών παραμέτρων κατά μήκος των ακτών της περιοχής μελέτης

4.3.4 Αποτελέσματα παραγοντικής ανάλυσης

4.3.5 Ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών με βάση τη ανθεκτικότητα και τη διαπερατότητά τους

4.3.6 Αποτελέσματα Αναλυτικής Ιεράρχησης

4.3.7 Υπολογισμός της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας μέσω του υπολογισμού του σύνθετου δείκτη IRTA (Δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής)

4.4 Συζήτηση - Καθορισμός ζωνών υψηλής έως πολύ υψηλής σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης

4.1 Εισαγωγή

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να διερευνηθεί το τεκτονικό καθεστώς της βόρειας Εύβοιας με τη χρήση ευρέως χρησιμοποιούμενων γεωμορφολογικών δεικτών, για έναν αριθμό επιλεγμένων λεκανών απορροής που βρίσκονται τόσο δυτικά, όσο και ανατολικά του κύριου υδροκρίτη. Στην ανάλυση που ακολουθεί, εξετάζονται ποσοτικά και ερμηνεύονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ποτάμιων κοιλάδων και συγκρίνονται μεταξύ τους οι λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης, ώστε να εντοπιστούν αυτές που η διαμόρφωσή τους έχει επηρεαστεί σε σημαντικό βαθμό από την τεκτονική δραστηριότητα. Στο παρόν κεφάλαιο η ανάλυση γίνεται σε περιφερειακή κλίμακα. Αρχικά ψηφιοποιήθηκε το υδρογραφικό δίκτυο και οι λεκάνες απορροής από τα τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000 και από τις ισοϋψείς καμπύλες των 20 μ αυτών των διαγραμμάτων αντίστοιχα. Στην περιοχή μελέτης τα υδρογραφικά δίκτυα μπορούν να χωριστούν σε αυτά που απορρέουν στον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο (λεκάνες απορροής No1-No78), σε αυτά που εκβάλλουν στο Αιγαίο Πέλαγος (λεκάνες απορροής No79-No157) και σε αυτά που καταλήγουν στο στενό Αρτεμισίου-Ωρεών (λεκάνες απορροής No158-No189). Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζονται τα υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής μελέτης, τα οποία όπως φαίνεται αναπτύσσονται σχεδόν εγκάρσια προς τη διεύθυνση των ακτών (με ορισμένες εξαιρέσεις που αναλύονται σε επόμενα κεφάλαια), καθώς και οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής τους, οι οποίες παρουσιάζουν μια μεγάλη ανομοιογένεια ως προς το μέγεθος (οι λεκάνες απορροής έχουν αριθμηθεί γιατί τα περισσότερα και κυρίως τα μικρά δίκτυα ήταν ανώνυμα). Η διεύθυνση του κεντρικού υδροκρίτη αλλάζει και έτσι για το ΒΔ τμήμα του νησιού διευθύνεται από ΔΝΔ-ΑΒΑ έως Α-Δ, για το κεντρικό τμήμα έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και για το νοτιότερο τμήμα της περιοχής μελέτης ΔΒΔ-ΑΝΑ.

Κάθε ποτάμιο σύστημα είναι ένα είδος δικτύου που αποτελείται από κλάδους που συνδέονται μεταξύ τους για την αποστράγγιση μιας περιοχής. Τα συστήματα αυτά και είναι πολύ ενεργά και ευαίσθητα σε κάθε τεκτονική ή ισοστατική ανύψωση που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του Νεογενούς ή του Τεταρτογενούς. Η επίδραση των τεκτονικών ή ισοστατικών κινήσεων αντανακλάται στη μορφή και στα χαρακτηριστικά τόσο των υδρογραφικών δικτύων και των κοιλαδικών συστημάτων όσο και των λεκανών απορροής (Kale & Shejwalkar, 2008). Εκτός από μια πιθανή ανύψωση ή ταπείνωση, η οργάνωση και η ανάπτυξη ενός υδρογραφικού δικτύου,

είναι αποτέλεσμα πολλών ακόμη παραγόντων μεταξύ των οποίων είναι το κλίμα, η λιθολογία και η κλίση των γεωλογικών στρωμάτων (Guarnieri & Pirrotta, 2008).

Τα υδρογραφικά δίκτυα δύναται να αναλυθούν με βάση τη μορφή τους και τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά. Σημαντική είναι η μελέτη των λεκανών απορροής τους, καθώς αποτελούν θεμελιώδεις μονάδες για την ποτάμια γεωμορφολογία, για πάρα πολλούς λόγους μεταξύ των οποίων είναι και το γεγονός πως πολλά από τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να ποσοτικοποιηθούν, με τον υπολογισμό ποσοτικών μορφομετρικών δεικτών και παραμέτρων. Κάτι τέτοιο παρέχει τη δυνατότητα σύγκρισης των λεκανών απορροής μεταξύ τους. Η ποσοτική περιγραφή μιας λεκάνης απορροής ονομάζεται μορφομετρία (Summerfield, 1991) και εφαρμόστηκε στα ποτάμια συστήματα της περιοχής μελέτης. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διευκρινιστεί πως η μορφομετρία γενικότερα είναι κλάδος της γεωμορφολογίας που μελετά ποσοτικά όχι μόνο τα ποτάμια συστήματα αλλά συνολικά τις γεωμετρικές ιδιότητες των γεωμορφών του αναγλύφου και ως εκ τούτου έχει την έννοια της ποσοτικής γεωμορφολογικής ανάλυσης (Guarnieri & Pirrotta, 2008).

Η ποσοτική ανάλυση και σύγκριση των υδρογραφικών δικτύων και των λεκανών απορροής ξεκινάει με τον υπολογισμό ενός πλήθους ευρέως χρησιμοποιούμενων γεωμορφολογικών δεικτών ή παραμέτρων. Δεδομένου ότι οι απόλυτες τιμές των δεικτών έχουν μικρή ερμηνευτική αξία, οι δείκτες αυτοί αρχικά ομαδοποιούνται με ανάλυση κύριων συνιστωσών (παραγοντική ανάλυση), ώστε να περιοριστεί ο αριθμός τους αλλά να αντιπροσωπευθούν όσο το δυνατόν καλύτερα από λίγους αριθμητικά παράγοντες που περιέχουν ισχυρή πληροφόρηση σχετικά με τα χαρακτηριστικά των αρχικών δεικτών (Πετρίδης, 2015). Στην παρούσα διατριβή εφαρμόστηκε σε πρώτο στάδιο η διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχησης προκειμένου να βαθμονομηθούν οι λεκάνες ως προς την σχετική τεκτονική δραστηριότητα που έχει επηρεάσει τη διαμόρφωσή τους, κάνοντας συγκρίσεις μεταξύ των παραμέτρων και λαμβάνοντας υπόψη τη λιθολογία της κάθε λεκάνης απορροής. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία έχει εφαρμοστεί με ορισμένες διαφοροποιήσεις από τους Alipoor et al. (2011) και η παραγοντική ανάλυση συνολικά βασίζεται στη μεθοδολογία των Argyriou et al. (2017).

Στις περισσότερες περιπτώσεις μελετών όπου χρησιμοποιούνται δείκτες για την ιεράρχηση λεκανών απορροής, είτε πρόκειται για εντοπισμό περιοχών έντονης τεκτονικής δραστηριότητας (π.χ. El Hamdouni et al., 2008; Dehbozorgi et al.,2010), είτε πρόκειται για τη

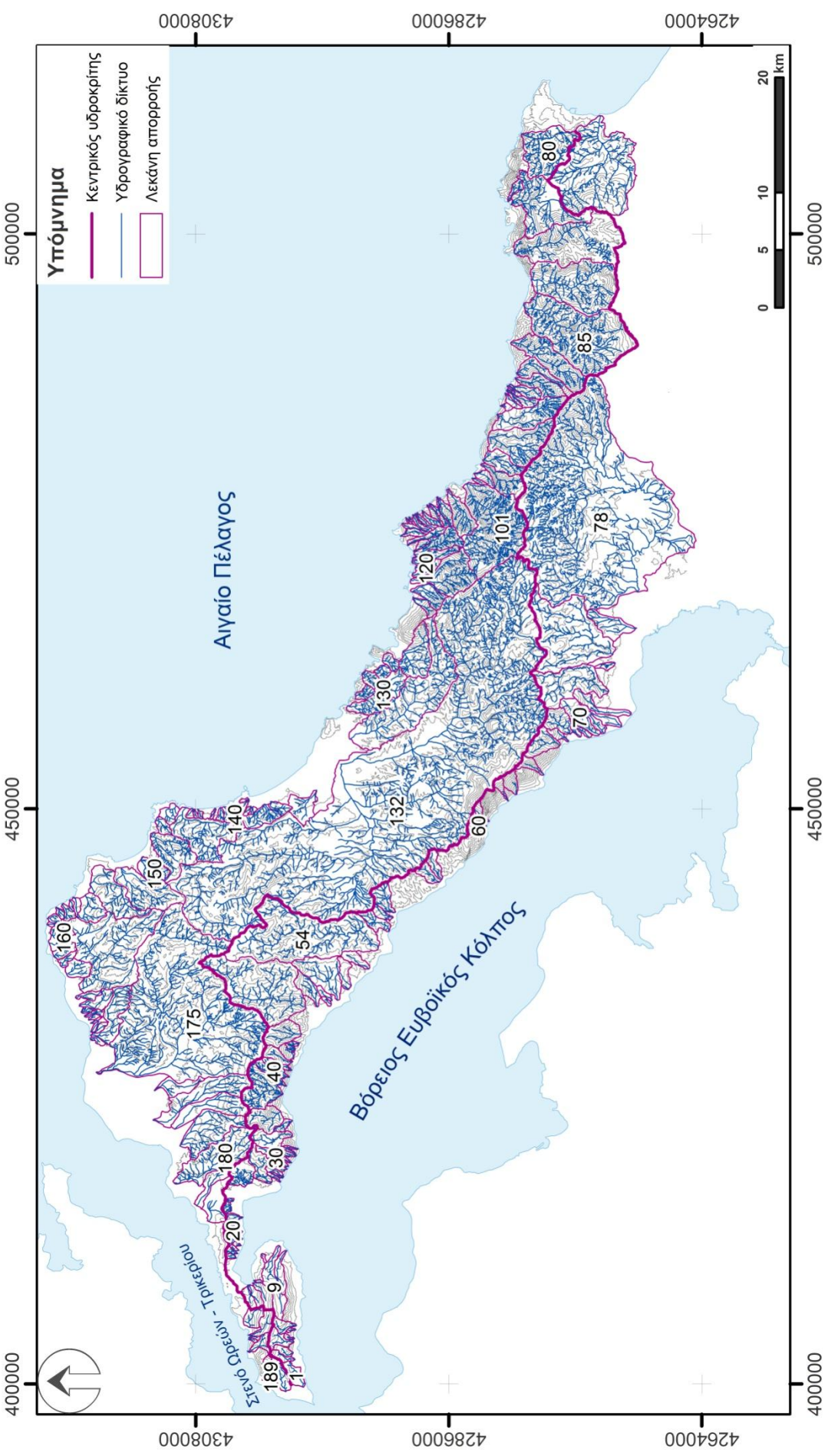
διάβρωση και την προστασία των εδαφών (π.χ. Biswas et al., 2002; Rekha et al., 2011), οι δείκτες αθροίζονται και το αποτέλεσμα προκύπτει από το μέσο όρο τους. Βάσει αυτών των μεθοδολογιών, στο δεύτερο στάδιο της προσπάθειας αναγνώρισης της επίδρασης της τεκτονικής δραστηριότητας στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά (μέσω της δημιουργίας ενός σύνθετου δείκτη) ποσοτικοί γεωμορφολογικοί δείκτες (ανεξάρτητες παράμετροι), οι οποίοι μπορούν εύκολα να υπολογιστούν. Ταυτόχρονα, έγινε μια προσπάθεια να εξαχθούν συμπεράσματα για την επίδραση των ήδη χαρτογραφημένων κύριων και πιθανών ρηγμάτων στην εξέλιξη του αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας.

4.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

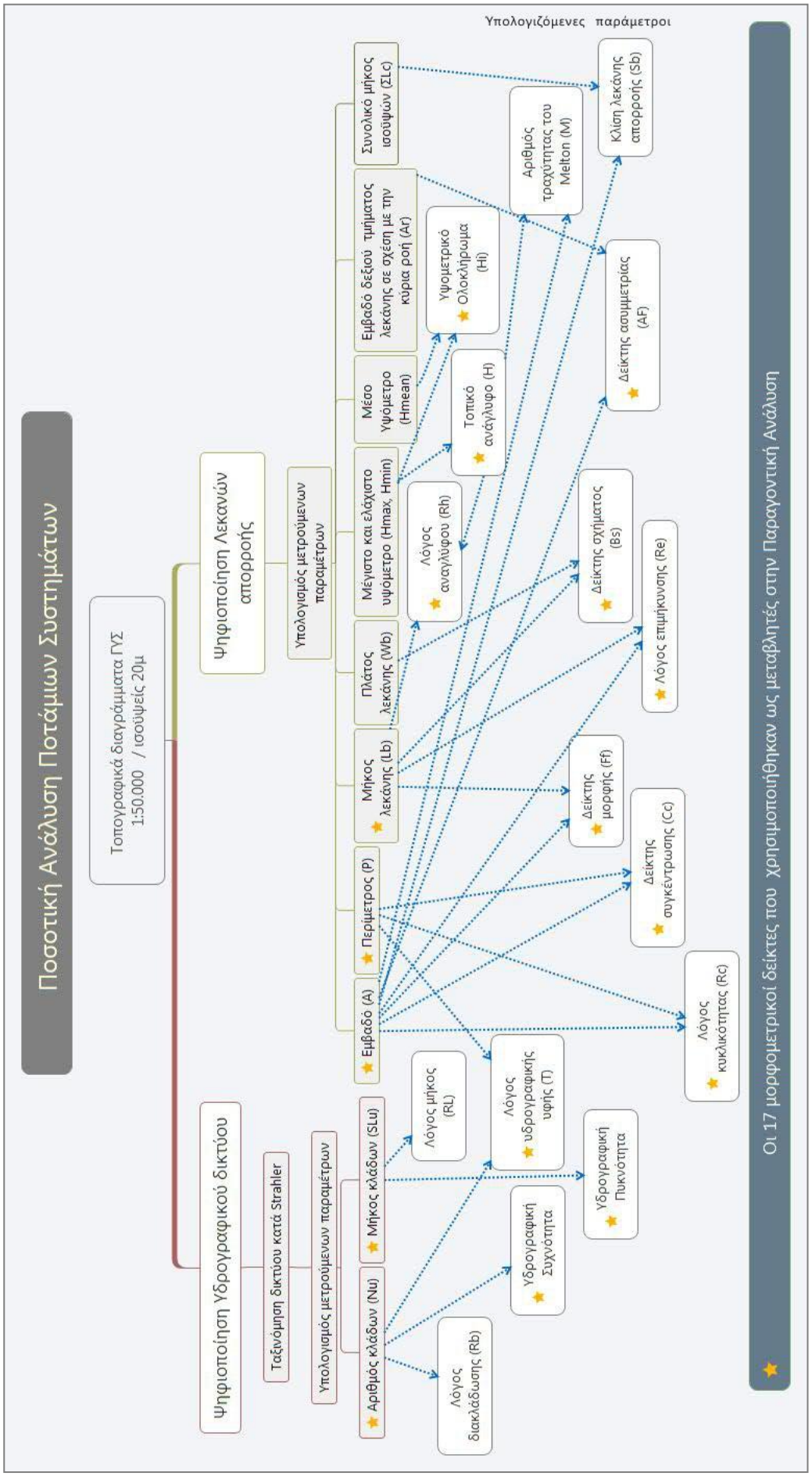
Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ποσοτική ανάλυση των υδρογραφικών δικτύων και των λεκανών απορροής. Ακολούθως αναλύεται η μέθοδος με την οποία έγινε η πολυκριτηριακή ανάλυση και ο τρόπος υπολογισμού του σύνθετου δείκτη, με σκοπό τον εντοπισμό των λεκανών απορροής, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των οποίων έχουν επηρεαστεί σε σημαντικό βαθμό από την τεκτονική δραστηριότητα. Όλες οι μετρήσεις έγιναν με το λογισμικό ArcMap, οι υπολογισμοί των υπολογιζόμενων δεικτών έγιναν στο Excel και η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος SPSS.

Στο διάγραμμα ροής του σχήματος 4.2 φαίνονται αναλυτικά τα βήματα, της πρώτης φάσης της ποσοτικής ανάλυσης των ποτάμιων συστημάτων, για τον υπολογισμό των μορφομετρικών δεικτών οι οποίοι αποτέλεσαν στοιχεία εισόδου του επόμενου σταδίου.

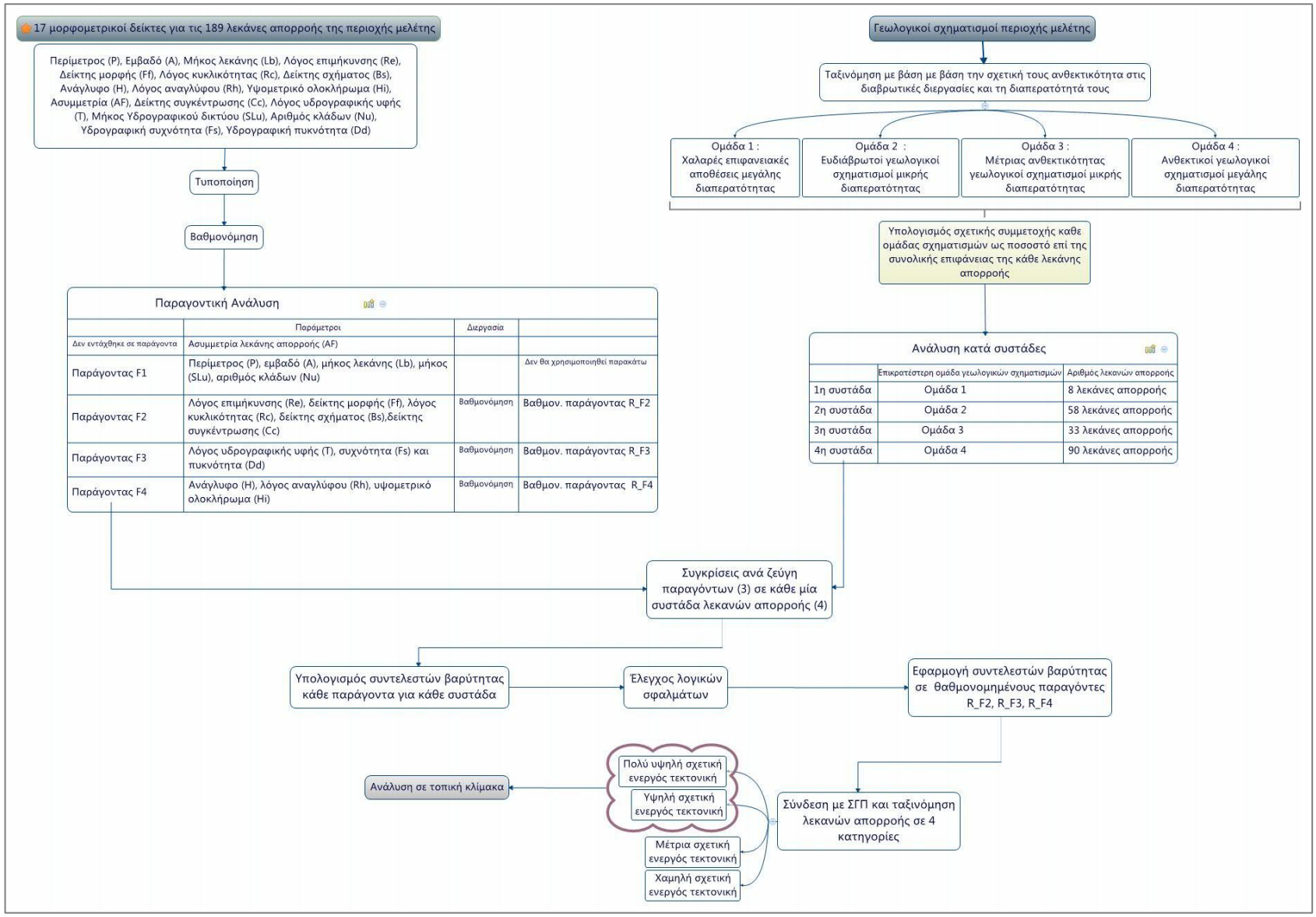
Στο σχήμα 4.3 φαίνονται επίσης αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν στη δεύτερη φάση της ανάλυσης η οποία περιλαμβάνει την παραγοντική ανάλυση και τη διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχησης με χρήση βαρών, που οδήγησαν στην τελική ιεράρχηση των λεκανών απορροής με βάση την τεκτονική δραστηριότητα που έχουν δεχτεί κατά τη διαμόρφωσή τους.



Σχήμα 4.1. Τοπογραφικός χάρτης (ισοδιάσταση 100 μ) με τα υδρογραφικά δίκτυα και τις λεκάνες απορροής (φαίνεται ενδεικτικά η αρίθμηση των λεκανών απορροής).



Σχήμα 4.2. Σχηματικό διάγραμμα ροής της πρώτης φάσης της ποσοτικής ανάλυσης των ποτάμιων συστημάτων όπου φαίνεται η ροή των υπολογισμών και η συνεισφορά κάθε παραμέτρου.



Σχήμα 4.3. Σχηματικό διάγραμμα ροής της δεύτερης φάσης της ανάλυσης όπου φαίνεται η ροή των εργασιών για τον προσδιορισμό του σχετικού βαθμού τεκτονικής δραστηριότητας στις λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης με χρήση των μορφομετρικών παραμέτρων που υπολογίστηκαν στην πρώτη φάση (η χρήση των συγκεκριμένων παραμέτρων και η μεθοδολογία συνολικά - παραγοντική ανάλυση και αναλυτική ιεράρχηση - βασίζεται στη μελέτη των Argyriou et al. (2017)) .

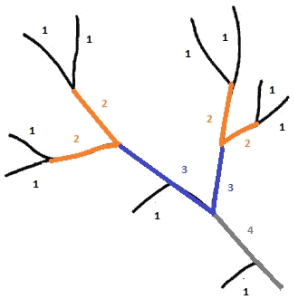
4.2.1 Ποσοτική ανάλυση υδρογραφικών δικτύων

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αναλυθεί ένα υδρογραφικό δίκτυο με τον υπολογισμό ποσοτικών γεωμορφολογικών δεικτών και αναλύεται ο τρόπος εκτίμησης των παραμέτρων αυτών. Οι περισσότερες παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου από αυτές που αναλύονται παρακάτω έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε μελέτες που αφορούν την εκτίμηση της επίδρασης της ενεργού τεκτονικής στο ανάγλυφο διαφόρων τεκτονικά ενεργών περιοχών της γης (π.χ. Talling & Sowter, 1999; Zhang et al., 2006; Bahrami, 2013).

4.2.1.1 Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου

Η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου αποτελεί το πρώτο βήμα της ποσοτικής ανάλυσης των ποτάμιων συστημάτων. Εκφράζει την ιεραρχική σχέση μεταξύ των επιμέρους κλάδων και είναι θεμελιώδης ιδιότητα γιατί σχετίζεται με την ανάπτυξη και τη σχετική απορροή του υδρογραφικού δικτύου. Η αρχική ιδέα της αρίθμησης ήταν του Horton (1932) και αργότερα η ιδέα αυτή εξελίχθηκε και προτάθηκαν πολλά ακόμη συστήματα αρίθμησης (π.χ. Horton, 1945; Hack, 1957; Strahler, 1957; Shreve, 1967; Marani et al., 1991).

Στην παρούσα μελέτη για κάθε υδρογραφικό δίκτυο έγινε η αρίθμηση των κλάδων του κατά Strahler (1957). Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.4, σύμφωνα με το σύστημα Strahler, οι κλάδοι που δε δέχονται ύδατα από άλλους χαρακτηρίζονται ως $1^{ης}$ τάξης, η ένωσή δύο κλάδων πρώτης τάξης οδηγεί σε έναν δεύτερης, δύο κλάδοι δεύτερης τάξης δημιουργούν έναν τρίτης και γενικά κάθε ένωση δύο κλάδων ίδιας τάξης οδηγούν σε έναν κλάδο επόμενης τάξης.



Σχήμα 4.4. Αρίθμηση κλάδων υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler.

4.2.1.2 Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου

Ο υπολογισμός των παρακάτω παραμέτρων (συγκεντρωτικά στον πίνακα 4.1) του υδρογραφικού δικτύου έγινε απευθείας με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων του λογισμικού ArcGIS.

(i) Αριθμός κλάδων

Το μέτρημα του συνολικού αριθμού των κλάδων κάθε τάξης εντός της λεκάνης απορροής είναι το πρώτο βήμα στην ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου (μετά την αρίθμηση) σύμφωνα με τον Strahler (1957) και ακολουθείται από την ανάλυση του τρόπου με τον οποίο ο αριθμός αυτός αλλάζει καθώς μεγαλώνει η τάξη του δικτύου (Παράγραφος 4.2.1.3, 1^{ος} νόμος του Horton). Σύμφωνα με τον 1ο νόμο του Horton η γραφική παράσταση του λογαρίθμου του αριθμού των κλάδων και της τάξης αυτών είναι μια ευθεία γραμμή.

(ii) Μήκος κλάδων (Total stream length)

Το μήκος των κλάδων (χλμ) εντός της λεκάνης απορροής είναι μια ιδιότητα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει το μέγεθος του δικτύου (Strahler, 1957) αλλά και χαρακτηριστικά της επιφανειακής απορροής αφού μεγαλύτερα μήκη υποδηλώνουν μικρότερες κλίσεις. Το μήκος των κλάδων είναι μεγαλύτερο στην πρώτη τάξη και μικραίνει σταδιακά καθώς η τάξη του δικτύου μεγαλώνει.

Πίνακας 4.1. Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου.

Αριθμός κλάδων (Nu)		Ο συνολικός αριθμός των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου εντός της λεκάνης απορροής
Μήκος κλάδων (SLu)	χλμ	Το συνολικό μήκος του υδρογραφικού δικτύου εντός της λεκάνης απορροής

4.2.1.3 Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου

Ο υπολογισμός των παρακάτω μορφομετρικών παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου έγινε με βάση τους μαθηματικούς τύπους που φαίνονται στον πίνακα 4.2 και χρησιμοποιήθηκαν οι μετρούμενες παράμετροι, οι οποίες υπολογίστηκαν απευθείας από το λογισμικό ArcGIS.

(i) Συντελεστής διακλάδωσης (Rb)-1ος Νόμος του Horton

Ο λόγος διακλάδωσης, ο οποίος καθιερώθηκε από τον Horton (1945), είναι μια σημαντική αδιάστατη παράμετρος του υδρογραφικού δικτύου και ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ του αριθμού των κλάδων μιας τάξης προς το πλήθος των κλάδων της επόμενης μεγαλύτερης τάξης σε μια λεκάνη απορροής. Εξαρτάται από την παρουσία ιεραρχικών ανωμαλιών στη διαδοχική κατά τάξη απορροή του δικτύου και επειδή συνήθως μεταβάλλεται αρκετά μεταξύ διαδοχικών τάξεων (μετράει το βαθμό διακλάδωσης ενός υδρογραφικού δικτύου), σε μελέτες ποσοτικής ανάλυσης υδρογραφικών συστημάτων χρησιμοποιείται ο μέσος όρος για όλη τη λεκάνη.

Ο συντελεστής διακλάδωσης υπολογίστηκε για τα δίκτυα της περιοχής μελέτης μέσω του υπολογισμού του αντι-λογάριθμου της κλίσης (συντελεστής b) της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης (μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων) της γραφικής παράστασης του αριθμού των κλάδων (y άξονας/λογαριθμικός άξονας) και της τάξης αυτών (x άξονας) (όπως αναλυτικά περιγράφεται από τον Strahler (1957) .

Ο εν λόγω συντελεστής έχει συνήθως μικρό εύρος διακύμανσης από περιοχή σε περιοχή ή για διαφορετικά περιβάλλοντα, εκτός από τις περιπτώσεις όπου οι συνθήκες διαμορφώνονται κυρίως από την επίδραση του είδους των γεωλογικών σχηματισμών (Strahler, 1957). Συγκεκριμένα, τιμές του δείκτη μεταξύ 3,0 και 5,0 αποτελούν χαρακτηριστικό των φυσικά αναπτυσσόμενων δικτύων (Strahler, 1964). Τιμές του συντελεστή διακλάδωσης μεγαλύτερες του 5 απαντούν σε λεκάνες περιοχών με τεκτονική δραστηριότητα (Chopra et al., 2005; Samal et al., 2015) και μικρές τιμές (<3) σε λεκάνες με ανομοιογενή ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου (Τσόδουλος, 2009), που είναι όμως λιγότερο τεκτονικά διαταραγμένες και χωρίς αλλοιώσεις στη μορφή της αποστράγγισης (Chopra et al., 2005).

(ii) Συντελεστής μήκους (RL)-2ος νόμος του Horton

Ο συντελεστής μήκους καθιερώθηκε από τον Horton (1945), είναι μια ακόμη σημαντική αδιάστατη παράμετρος του υδρογραφικού δικτύου και ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ του μήκους των κλάδων μιας τάξης προς το μήκος των κλάδων της επόμενης μεγαλύτερης τάξης σε μια λεκάνη απορροής.

Ο συντελεστής μήκους υπολογίστηκε για τα δίκτυα της περιοχής μελέτης μέσω του υπολογισμού του αντι-λογάριθμου της κλίσης (συντελεστής b) της ευθείας γραμμικής

παλινδρόμησης (μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων) της γραφικής παράστασης του μέσου μήκους των κλάδων (y άξονας/λογαριθμικός άξονας) και της τάξης αυτών (x άξονας) (όπως αναλυτικά περιγράφεται από τον Strahler (1957) .

Ο εν λόγω συντελεστής έχει (όπως και ο συντελεστής διακλάδωσης) συνήθως μικρό εύρος διακύμανσης από περιοχή σε περιοχή ή για διαφορετικά περιβάλλοντα εκτός από τις περιπτώσεις όπου οι συνθήκες διαμορφώνονται κυρίως από την επίδραση του είδους των γεωλογικών σχηματισμών (Strahler, 1957). Συγκεκριμένα, τιμές του δείκτη μεταξύ 1,5 και 3,5 αποτελούν χαρακτηριστικό των φυσικά αναπτυσσόμενων δικτύων (Abrahams, 1984) ενώ οι διαφορές μεταξύ των τιμών διαφορετικών δικτύων υποδηλώνουν σύμφωνα με τους Sreedevi et al. (2009) διαφορές στην κλίση των αντίστοιχων λεκανών απορροής.

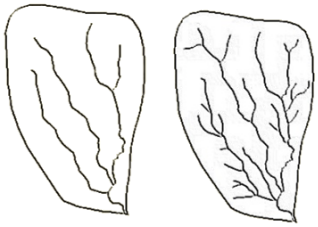
(iii) Υδρογραφική Πυκνότητα (Ds)

Ο Horton (1932) καθιέρωσε την υδρογραφική πυκνότητα ως μια σημαντική γεωμετρική ιδιότητα του υδρογραφικού δικτύου. Η πυκνότητα του δικτύου εκφράζει το μήκος των κλάδων ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής και δείχνει πόσο κοντινή είναι η απόσταση των κλάδων αποτελώντας με τον τρόπο αυτό ένα ποσοτικό μέτρο του μέσου μήκους του υδρογραφικού δικτύου για κάθε λεκάνη (Σχήμα 4.5). Χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα είναι πιο πιθανό να παρατηρηθεί σε λεκάνες που χαρακτηρίζονται από γεωλογικούς σχηματισμούς με υψηλή διαπερατότητα, πυκνή βλάστηση και ήπιο ανάγλυφο ενώ αντίθετα υψηλή αναμένεται σε περιοχές με γεωλογικούς σχηματισμούς χαμηλής διαπερατότητας, αραιής βλάστησης και έντονου αναγλύφου (Melton, 1957; Strahler, 1964; Morisawa, 1985; Sreedevi et al., 2009). Η πυκνότητα, σύμφωνα με τον Strahler (1964), επηρεάζει την υδρογραφική υφή, κάνοντάς την λεία όταν παρουσιάζεται υψηλή πυκνότητα και τραχιά όταν η πυκνότητα είναι χαμηλή.

(iv) Υδρογραφική συχνότητα (Fs)

Η παράμετρος της υδρογραφικής συχνότητας προτάθηκε από τον Horton (1945) και αντιστοιχεί στον αριθμό των κλάδων όλων των τάξεων ανά μονάδα επιφανείας της λεκάνης απορροής (Σχήμα 4.5). Η υψηλή συχνότητα συσχετίζεται θετικά με το ανάγλυφο και την κλίση του δικτύου που αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή (Sreedevi et al., 2009). Η συχνότητα εξαρτάται από τη λιθολογία των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής (υψηλή υδρογραφική συχνότητα σχετίζεται με αδιαπέρατους γεωλογικούς

σχηματισμούς) και έχει θετική συσχέτιση με την πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου (Parveen et al., 2012). Από κοινού η υδρογραφική συχνότητα και πυκνότητα καθορίζουν την υδρογραφική υφή ενός δικτύου. Υψηλές τιμές δείχνουν λεπτή υδρογραφική υφή ενώ χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε δίκτυο τραχειάς υφής.



Σχήμα 4.5. Χαμηλή υδρογραφική συχνότητα και πυκνότητα δικτύου – τραχειά υδρογραφική υφή (αριστερά), υψηλές τιμές συχνότητας και πυκνότητας-λεπτή υδρογραφική υφή (δεξιά).

Πίνακας 4.2. Υπολογιζόμενες παράμετροι υδρογραφικού δικτύου και τύπος / εξίσωση υπολογισμού.

Συντελεστής διακλάδωσης-1^{ος} Νόμος του Horton (Rb)		**Rb = N(u)/N(u+1)** N(u)=το πλήθος των κλάδων της τάξης u και N(u+1)=το πλήθος των κλάδων της αμέσως επόμενης μεγαλύτερης τάξης	Horton, 1945
Συντελεστής μήκους-2^{ος} νόμος του Horton (RL)		**RL = L(u)/L(u+1)** L(u)=το μήκος των κλάδων της τάξης u και L(u+1)=το μήκος των κλάδων της αμέσως επόμενης μεγαλύτερης τάξης	Horton, 1945
Υδρογραφική Πυκνότητα (Ds)	**χλμ^{-1}**	**Ds= SLu / A** A=το εμβαδό λεκάνης και SLu=το μήκος δικτύου	Horton, 1932
Υδρογραφική συχνότητα (Fs)	**χλμ^{-2}**	**Fs=Nu/A** A=το εμβαδό λεκάνης και Nu=ο αριθμός των κλάδων	Horton, 1945

4.2.2 Ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση λεκανών απορροής

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο αναλύονται οι λεκάνες απορροής μέσα από τον υπολογισμό γεωμορφολογικών δεικτών και/ή παραμέτρων και ο τρόπος εκτίμησης αυτών.

Η εκτίμηση όλων των υπολογιζόμενων παραμέτρων ξεκινά με τον υπολογισμό των άμεσα μετρούμενων χαρακτηριστικών τα οποία είναι: το εμβαδό, η περίμετρος, το μήκος, το πλάτος της λεκάνης, το μέσο υψόμετρο, το υψηλότερο και χαμηλότερο υψομετρικά σημείο της λεκάνης απορροής, το εμβαδό του δεξιού τμήματος της λεκάνης σε σχέση με την κύρια ροή

και το συνολικό μήκος των ισοϋψών εντός της λεκάνης απορροής, που περιγράφονται παρακάτω.

4.2.2.1 Άμεσα μετρούμενες παράμετροι λεκανών απορροής

Ο υπολογισμός των παρακάτω άμεσα μετρούμενων παραμέτρων των υδρογραφικών δικτύων, όπως φαίνονται στα σχήματα 4.2 και 4.6 (συγκεντρωτικά στον πίνακα 4.3), έγινε απευθείας με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων του λογισμικού ArcGIS, καθώς τα ΣΓΠ παρέχουν σημαντικά εργαλεία για τον υπολογισμό των χωρικών παραμέτρων.

(i) Εμβαδό (A)

Εμβαδό (A) είναι η περιοχή που περιλαμβάνεται εντός των ορίων (υδροκρίτη) της λεκάνης απορροής (χλμ^2).

(ii) Περίμετρος (P)

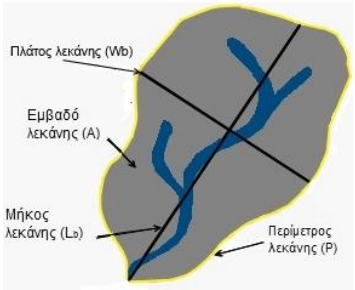
Περίμετρος (P) είναι το μήκος του ορίου της λεκάνης απορροής – υδροκρίτη (χλμ)

(iii) Μήκος λεκάνης απορροής (Lb)

Σύμφωνα με τον Horton (1932) το μήκος της λεκάνης απορροής (χλμ) ορίζεται ως η ευθεία απόσταση από την έξοδο της λεκάνης έως το σημείο στο οποίο ο υδροκρίτης θα τεμνόταν από την προέκταση του κύριου κλάδου της κοίτης.

(iv) Πλάτος λεκάνης απορροής (Wb)

Το πλάτος της λεκάνης απορροής μετριέται σε χιλιόμετρα στο σημείο, κάθετα στο μήκος, όπου η λεκάνη είναι πιο πλατιά.



Σχήμα 4.6. Σχηματική απεικόνιση ορισμένων από τις άμεσα μετρούμενες ποσοτικες γεωμορφολογικες παραμέτρους μιας λεκάνης απορροής.

(v) Υψηλότερο, χαμηλότερο και μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής (H_{max}, H_{min} και H_{mean})

Στο σχήμα 4.9 φαίνεται το μέγιστο υψόμετρο στον υδροκρίτη της λεκάνης απορροής, που ισούται με την κάθετη απόσταση από τη στάθμη της θάλασσας έως το υψηλότερο υψομετρικά σημείο της λεκάνης και το ελάχιστο υψόμετρο που αντιστοιχεί στην έξοδο της λεκάνης και ισούται με την κάθετη απόσταση από τη στάθμη της θάλασσας έως το χαμηλότερο υψομετρικά σημείο της λεκάνης απορροής. Το μέσο υψόμετρο είναι ίσο με τη μέση κάθετη απόσταση της επιφάνειας της λεκάνης απορροής από τη στάθμη θάλασσας (Zăvoianu, 1985).

(vi) Εμβαδό δεξιού τμήματος (Ar)

Είναι το εμβαδό της περιοχής της λεκάνης απορροής που βρίσκεται δεξιά της κεντρικής κοίτης κοιτώντας κατάντη. Ο υπολογισμός του γίνεται απαιτείται στον υπολογισμό της ασυμμετρίας της λεκάνης απορροής, όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια (Σχήμα 4.12).

(vii) Συνολικό μήκος ισοϋψών (ΣLc)

Είναι το συνολικό μήκος (χλμ) των ισοϋψών (ανά 20 μ) που διασχίζουν τη λεκάνη απορροής.

Πίνακας 4.3. Μετρούμενες παράμετροι λεκανών απορροής.

Εμβαδό (A)	$χλμ^2$	Η περιοχή εντός των ορίων της λεκάνης απορροής (υδροκρίτης)
Περίμετρος (P)	χλμ	Το μήκος του ορίου της λεκάνης απορροής (υδροκρίτης)
Μήκος λεκάνης(Lb)	χλμ	Η ευθεία απόσταση από την έξοδο της λεκάνης έως το σημείο στο οποίο ο υδροκρίτης θα τεμνόταν από την προέκταση του κύριου κλάδου της κοίτης
Πλάτος λεκάνης (Wb)	χλμ	Το πλάτος της λεκάνης μετρημένο στο πιο πλατύ της τμήμα
Μέγιστο υψόμετρο (Hmax)	μ	Η κάθετη απόσταση από τη στάθμη της θάλασσας έως το υψηλότερο υψομετρικά σημείο της λεκάνης
Ελάχιστο υψόμετρο (Hout)	μ	Η κάθετη απόσταση από τη στάθμη της θάλασσας έως το χαμηλότερο υψομετρικά σημείο της λεκάνης απορροής
Μέσο υψόμετρο (Hmean)	μ	Η μέση κάθετη απόσταση της επιφάνειας της λεκάνης απορροής από τη στάθμη θάλασσας
Εμβαδό δεξιού τμήματος (Ar)	$χλμ^2$	Το εμβαδό του τμήματος της λεκάνης απορροής δεξιά από την κεντρική κοίτη κοιτώντας κατάντη
Συνολικό μήκος ισοϋψών καμπυλών (ΣLc)	χλμ	Το συνολικό μήκος των ισοϋψών (ανά 20 μ) στη λεκάνη απορροής

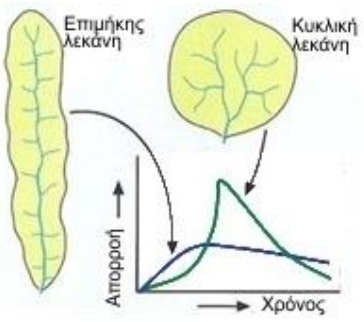
4.2.2.2 Υπολογιζόμενες παράμετροι λεκανών απορροής

Ο υπολογισμός των παρακάτω παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου έγινε με βάση τους μαθηματικούς τύπους που φαίνονται στον πίνακα 4.4 και χρησιμοποιήθηκαν οι μετρούμενες παράμετροι οι οποίες υπολογίστηκαν απευθείας από το λογισμικό ArcGIS. Με τον ίδιο τρόπο προέκυψαν επίσης οι μορφομετρικές πληροφορίες μέσω της χρήσης του ΨΜΕ (για το σχεδιασμό των υψομετρικών καμπυλών).

(i) Λόγος επιμήκυνσης (Re)

Ο λόγος επιμήκυνσης ισούται με το λόγο της διαμέτρου ενός κύκλου ίσης έκτασης με αυτή της λεκάνης απορροής προς το μήκος της λεκάνης (Schumm, 1956) και είναι μια παράμετρος της λεκάνης απορροής με σημαντική επίδραση στην υδρολογία της λεκάνης (Summerfield, 1991). Σε επιμήκεις λεκάνες το νερό της βροχόπτωσης καθυστερεί να φτάσει στην έξοδο κάνοντας το υδρογράφημα στην έξοδο της λεκάνης επίπεδο σε αντίθεση με τις πιο κυκλικές λεκάνες στις οποίες, σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης, παρατηρούνται στην έξοδό τους πλημμυρικές παροχές (Σχήμα 4.7). Στην περίπτωση δύο λεκανών ίσου εμβαδού, αναγλύφου και υδρογραφικής πυκνότητας, από τις οποίες η μία είναι κυκλική και η άλλη επιμήκης, η διαθέσιμη ενέργεια για οπισθοδρομούσα και κατά βάθος διάβρωση είναι μεγαλύτερη κατά μήκος της κεντρικής κοίτης της επιμήκους λεκάνης απ' ότι κατά μήκος της κύριας κοίτης της κυκλικής λεκάνης (Cannon, 1976). Οι Bull & McFadden (1977) απέδειξαν πως λεκάνες απορροής που αποστραγγίζουν τεκτονικά ενεργές περιοχές είναι περισσότερο επιμήκεις και αρχίζουν να γίνονται πιο κυκλικές όταν παύσει η ανύψωση ή μειωθεί σημαντικά ο ρυθμός της. Επίσης, επιμήκεις λεκάνες σχετίζονται με έντονο τοπικό ανάγλυφο και με κοιλάδες με απότομες πλαγιές (Molin et al., 2004).

Τιμές λόγου επιμήκυνσης κοντά στη μονάδα είναι χαρακτηριστικές περιοχών ήπιου αναγλύφου σύμφωνα με τον Strahler (1964) και συγκεκριμένα τιμές μεγαλύτερες του 0,75 υποδεικνύουν ανενεργές περιοχές. Τιμές 0,5-0,75 υποδεικνύουν περιοχές με μέτρια τεκτονική δραστηριότητα ενώ τιμές μικρότερες του 0,5 αντιστοιχούν σε λεκάνες τεκτονικά ενεργών περιοχών σύμφωνα με τους Kale & Shejwalkar (2008).



Σχήμα 4.7. Σχηματική αναπαράσταση της επίδρασης του σχήματος της λεκάνης απορροής στη μορφή του υδρογραφήματος στην έξοδό της.

(ii) Δείκτης μορφής (Ff)

Ο δείκτης μορφής ισούται με το λόγο του εμβαδού της λεκάνης απορροής προς το τετράγωνο του μήκους της λεκάνης (Horton, 1932). Όταν το σχήμα της λεκάνης είναι τετράγωνο, ο δείκτης μορφής είναι ίσος με τη μονάδα (φανερώνει ήπιο ανάγλυφο σύμφωνα με τον Strahler 1964) και μειώνεται ανάλογα με την επιμήκυνση. Οπότε για μια λεκάνη με σχήμα κύκλου, ο λόγος διαφοροποιείται της μονάδας και τείνει στη θεωρητική τιμή 4/π=1,273 για τον τέλειο κύκλο (που δεν θα απαντηθεί ποτέ στη φύση) (Zăvoianu, 1985). Δείκτη μορφής ίσο με τη μονάδα τείνουν να έχουν και λεκάνες μικρότερης τάξης, ενώ ο δείκτης μικραίνει όσο οι λεκάνες γίνονται μεγαλύτερης τάξης και όπως αναφέρθηκε παραπάνω όσο περισσότερο επιμήκεις είναι (Zăvoianu, 1985). Αφού οι μεγαλύτερες τιμές σχετίζονται με κυκλικές λεκάνες απορροής, είναι προφανές πως οι χρόνοι για τη μέγιστη πλημμυρική παροχή θα είναι μικροί όταν η τιμή του δείκτη είναι μεγάλη, που συνεπάγεται επιδεκτικότητα στις πλημμύρες και τη διάβρωση.

(iii) Λόγος κυκλικότητας (Rc)

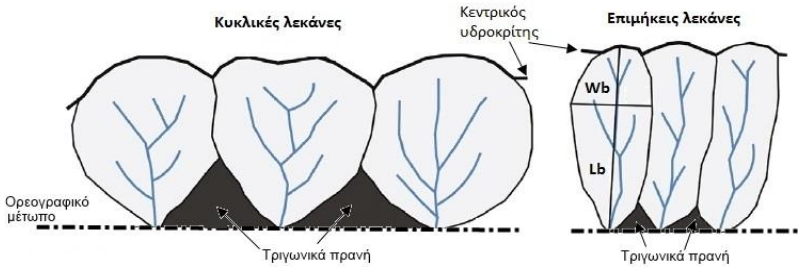
Ο λόγος κυκλικότητας ισούται με το λόγο του εμβαδού της λεκάνης προς το εμβαδό ενός κύκλου ίδιας περιμέτρου με την εν λόγω λεκάνη (Miller, 1953). Τιμές του λόγου κυκλικότητας μεταξύ 0,4-0,5 αντιστοιχούν σε λεκάνες πολύ επιμήκεις, σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από ισχυρά διαπερατούς ομοιογενείς γεωλογικούς σχηματισμούς (Miller, 1953). Γενικά η τιμή του δείκτη μεγαλώνει όσο το σχήμα της λεκάνης γίνεται πιο κυκλικό και κυμαίνεται από 0 για μια γραμμή έως 1 για έναν κύκλο. Μια τιμή ίση με 0,6 αντιστοιχεί σε μια λεκάνη ορθογώνια και σε μια περιοχή με έντονο ανάγλυφο που ελέγχεται από την τεκτονική. Κατά κανόνα επιμήκεις λεκάνες (με μικρές τιμές λόγου κυκλικότητας) απαντώνται σε τεκτονικά ενεργές περιοχές (Bull

& McFadden, 1977), ενώ υψηλές τιμές του λόγου αντιστοιχούν σε λεκάνες που διανύουν το στάδιο ωριμότητας (Ali & Ali, 2014). Οι τιμές του λόγου κυκλικότητας, όπως και άλλων δεικτών, επηρεάζεται από το μήκος και τη συχνότητα του υδρογραφικού δικτύου, από τη λιθολογία, την κάλυψη γης, το κλίμα, το ανάγλυφο και τη μορφολογική κλίση (Chopra et al., 2005).

(iv) Δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs)

Η οριζόντια προβολή του σχήματος της λεκάνης μπορεί να περιγραφεί από το λόγο επιμήκυνσης εκφρασμένο από το λόγο του μήκος της λεκάνης απορροής προς το πλάτος της λεκάνης, μετρημένο στο σημείο όπου η λεκάνη έχει το μεγαλύτερο πλάτος (Σχήμα 4.8) (El Hamdouni et al., 2008).

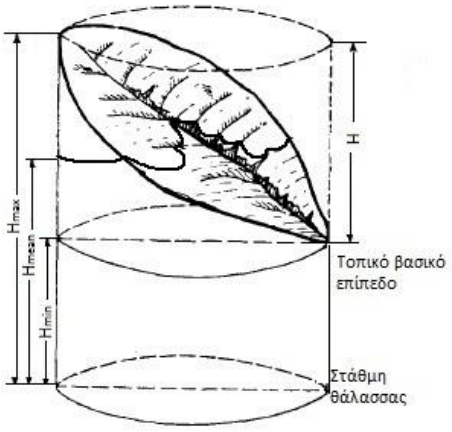
Υψηλές τιμές του δείκτη σχήματος λεκάνης συνδέονται με επιμήκεις λεκάνες που διανύουν το στάδιο νεότητας και αποστραγγίζουν περιοχές σχετικά εντονότερης τεκτονικής δραστηριότητας, ενώ χαμηλές τιμές υποδεικνύουν λεκάνες με περισσότερο κυκλικό σχήμα που αποστραγγίζουν περιοχές χαμηλότερης τεκτονικής δραστηριότητας (El Hamdouni et al., 2008; Bahrami, 2013). Στην περίπτωση που η τεκτονική δραστηριότητα σε μια περιοχή αρχίσει να μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και το ανάγλυφο εξελίσσεται, οι επιμήκεις λεκάνες σταδιακά αποκτούν κυκλικό σχήμα σύμφωνα με τους Bull & McFadden, (1977). Είναι προφανές πως το πλάτος των λεκανών κοντά στο ορεογραφικό μέτωπο είναι πιο μικρό (στενές λεκάνες) σε τεκτονικά ενεργές περιοχές όπου η ενέργεια του δικτύου αφορά κυρίως την κατά βάθος διάβρωσης, ενώ αντίθετα η έλλειψη ανύψωσης ή η ανύψωση με πολύ αργούς ρυθμούς, επιτρέπει τη διεύρυνση της λεκάνης (Σχήμα 4.8) (Mahmood & Gloaguen, 2012).



Σχήμα 4.8. Υπολογισμός δείκτη σχήματος λεκάνης (Bs) (τροποποιημένο από Mahmood & Gloaguen, 2012).

(v) Τοπικό ανάγλυφο λεκάνης(H)

Το τοπικό ανάγλυφο λεκάνης (Σχήμα 4.9) ισούται με την υψομετρική διαφορά μεταξύ του υψηλότερου και του χαμηλότερου σημείου (έξοδος) της λεκάνης απορροής (Bull, 2009). Είναι μια παράμετρος που παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της λεκάνης απορροής και του υδρογραφικού δικτύου και σχετίζεται με την επιφανειακή απορροή (Reddy et al., 2004), επηρεάζοντας κατά συνέπεια έμμεσα — με τον έλεγχο της κλίσης — το ρυθμό των διεργασιών και της μεταφοράς ιζήματος από το υδρογραφικό δίκτυο (Samal et al., 2015). Το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης αντιπροσωπεύει την πραγματική διακύμανση του υψομέτρου στη μονάδα επιφάνειας της λεκάνης, σε σχέση με το βασικό επίπεδο και είναι ένας δείκτης χρήσιμος για την κατανόηση του τρόπου σχηματισμού της λεκάνης και τη σχέση με την επιφάνεια (Vandana, 2013). Η εκτίμηση της παραμέτρου αυτής παρέχει μια πρώτη πρόχειρη εντύπωση σχετικά με τις νεοτεκτονικές κινήσεις μιας περιοχής (Panek, 2004).



Σχήμα 4.9. Τοπικό ανάγλυφο (H), μέγιστο (H_{max}), το ελάχιστο (H_{min}) και το μέσο (H_{mean}) υψόμετρο της λεκάνης απορροής (τροποποιημένο από Zăvoianu (1985)).

(vi) Λόγος αναγλύφου (Rh)

Ο λόγος αναγλύφου λεκάνης (R_h) συγκαταλέγεται μεταξύ των παραμέτρων που σχετίζονται με τη μορφολογική κλίση του αναγλύφου και ισούται με το λόγο του τοπικού αναγλύφου της λεκάνης απορροής προς το μήκος της λεκάνης (Schumm, 1956). Η τιμή του δείκτη μεγαλώνει καθώς το μήκος της λεκάνης μικραίνει και καθώς το τοπικό ανάγλυφο μεγαλώνει. Σύμφωνα με τον Schumm (1956), υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ του αναγλύφου και της κλίσης του υδρογραφικού δικτύου και ως εκ τούτου ο λόγος αναγλύφου φανερώνει αφενός πόσο απότομη είναι η λεκάνη απορροής, αφετέρου αποτελεί δείκτης της έντασης της διάβρωσης

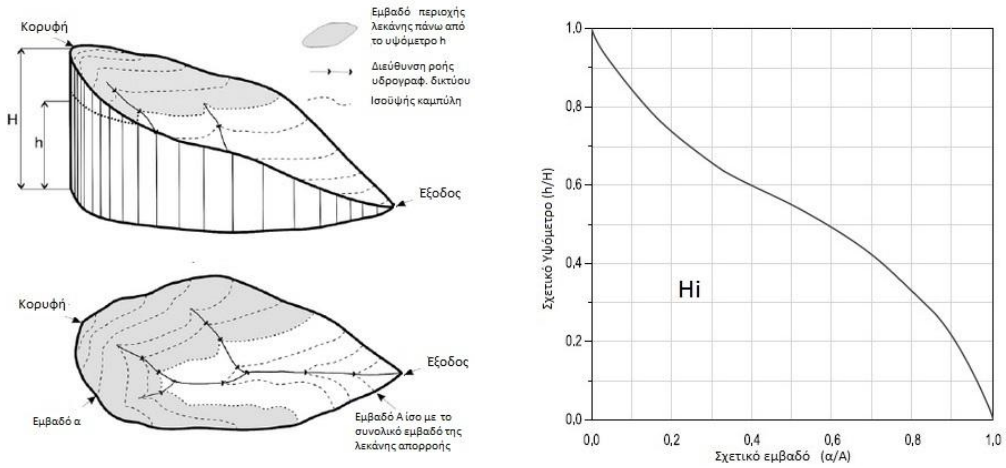
που λαμβάνει χώρα εντός αυτής. Ο εν λόγω δείκτης επιτρέπει συγκρίσεις σχετικού αναγλύφου μεταξύ οποιασδήποτε λεκάνης ανεξάρτητα από διαφορές στην κλίμακα ή την τοπογραφία (Ratul, 2011) και φυσιολογικά μειώνεται όσο μικραίνει το εμβαδό ή το μέγεθος της λεκάνης απορροής (Gottschalk, 1964).

Υψηλές τιμές του λόγου αναγλύφου φανερώνουν λοφώδη περιοχή, απότομες κλίσεις και έντονο ανάγλυφο (Ali & Ali, 2014) και χαρακτηρίζουν λεκάνες που αποστραγγίζουν περιοχές με έντονη τεκτονική ανύψωση (Panek 2004).

(vii) Υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi) και υψομετρική καμπύλη

Η κατανομή των υψομέτρων σε μια περιοχή παρέχει πληροφορίες για την ισορροπία μεταξύ των εξωτερικών διεργασιών (που τείνουν να ταπεινώσουν το ανάγλυφο) και των εσωτερικών διεργασιών (που τείνουν να δημιουργήσουν ανάγλυφο). Για το λόγο αυτό η υψομετρία αποτελεί μια από τις πιο χρήσιμες παραμέτρους στην περιγραφή και την ανάλυση της κατανομής των υψομέτρων σε μια περιοχή (Pérez-Peña et al., 2009a,b).

Μια άλλη προσέγγιση στην ποσοτική περιγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής περιλαμβάνει την υψομετρική ανάλυση (Σχήμα 4.10) στην οποία το υψόμετρο σχετίζεται με το εμβαδό της λεκάνης απορροής. Μια τέτοια ανάλυση επιτρέπει τον υπολογισμό του υψομετρικού ολοκληρώματος το οποίο δίνει το σχήμα της λεκάνης με μία τιμή. Οι τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος για τις περισσότερες λεκάνες συνήθως κυμαίνονται από 25 έως 75% (Summerfield, 1991).



Σχήμα 4.10. Αριστερά οι συνιστώσες της υψομετρικής ανάλυσης που δείχνουν πώς υπολογίζονται τα δεδομένα εμβαδού-υψομέτρου, δεξιά η υψομετρική καμπύλη. Η περιοχή κάτω από την καμπύλη αυτή ισούται με το υψομετρικό ολοκλήρωμα (τροποποιημένο από Strahler, 1952).

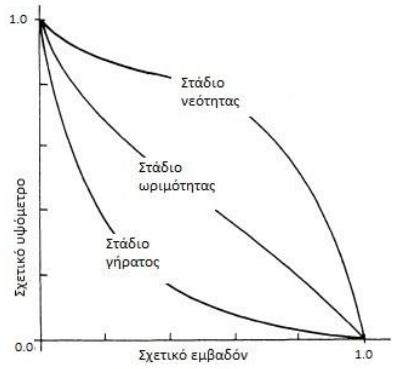
Το υψομετρικό ολοκλήρωμα (H_i) είναι μια μεταβλητή του αναγλύφου που αντικατοπτρίζει τη μορφή της υψομετρικής καμπύλης για μια λεκάνη απορροή. Υπολογίζεται ως ο λόγος της διαφοράς του ελάχιστου υψομέτρου από το μέσο υψόμετρο της λεκάνης προς τη διαφορά του ελάχιστου υψόμετρου από το μέγιστο, ως ποσοστό επί τοις εκατό (Pike & Wilson 1971; Mayer 1990; Keller & Pinter 2002). Η υψομετρική καμπύλη προκύπτει από τον υπολογισμό του εμβαδού του τμήματος της υπό εξέταση λεκάνης που βρίσκεται πάνω από ένα συγκεκριμένο υψόμετρο. Για να σχεδιαστεί η εν λόγω καμπύλη χρησιμοποιείται το σχετικό υψόμετρο και το σχετικό εμβαδό, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.10, δηλαδή ο άξονας y αφορά το υψόμετρο (h) προς το μέγιστο υψόμετρο (H) και ο άξονας x το εμβαδό (a) προς το συνολικό εμβαδό (A) (Scheidegger, 2004). Σύμφωνα με τον Strahler (1957), η μορφή της καμπύλης παρέχει πληροφορίες για το στάδιο εξέλιξης το οποίο διανύει η λεκάνη σύμφωνα με τον κύκλο της διάβρωσης του Davis. Συγκεκριμένα όταν η καμπύλη είναι κυρτή η λεκάνη διανύει το "στάδιο νεότητας" (απότομο ανάγλυφο και έντονη κατά βάθος διάβρωση), όταν η καμπύλη είναι περίπου ευθεία βρίσκεται στο "στάδιο ωριμότητας" (κατάσταση ισορροπίας) και όταν η καμπύλη είναι κοίλη στο "στάδιο γήρατος" (ήπιο ανάγλυφο) (Σχήμα 4.11).

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα και η μορφή της υψομετρικής καμπύλης εκτός του ότι έχουν άμεση σχέση με το ανάγλυφο και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το στάδιο εξέλιξης ή διάβρωσης στο οποίο βρίσκεται η λεκάνη απορροής, όπως αναφέρεται παραπάνω, παρέχουν επιπλέον πληροφορίες για την τοπογραφία και την τεκτονική αποτελώντας με τον τρόπο αυτό ένα χρήσιμο εργαλείο για τον εντοπισμό τεκτονικά ενεργών περιοχών (Keller & Pinter, 2002). Υψηλές τιμές δείχνουν σχετικά μεγάλη αναλογία επιφάνειας σε μεγάλο υψόμετρο εντός της λεκάνης και άρα λεκάνες με ποτάμιους κλάδους που έχουν δημιουργήσει βαθιές κοιλάδες και έχουν αφήσει μεγάλες επιφάνειες σε σχετικά μεγάλα υψόμετρα (Summerfield, 1991). Το υψομετρικό ολοκλήρωμα εκφράζει τον όγκο που δεν έχει διαβρωθεί σε μια λεκάνη απορροής (Pike & Wilson, 1971). Όπως και για τους υπόλοιπους μορφομετρικούς δείκτες όμως οι τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος εξαρτώνται και από άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα η λιθολογία της περιοχής μελέτης (El Hamdouni et al., 2008).

Η υψομετρική καμπύλη έχει χρησιμοποιηθεί από αρκετούς συγγραφείς για διάφορους σκοπούς. Για παράδειγμα ο Schumm (1956) καθώς και οι Hurtrez & Lucazeau (1999) μελέτησαν τη σχέση των καμπυλών με την τεκτονική και τη γεωμορφολογική εξέλιξη των λεκανών απορροής, ο Wyatt (1993) χρησιμοποίησε την υψομετρία για τον υπολογισμό της

μεταφοράς ιζήματος που συνδέεται με τη διάβρωση, ενώ πολλοί ερευνητές μεταξύ των οποίων ο Schumm (1956) και ο Strahler (1952); (1964) τη χρησιμοποίησαν για να προσδιορίσουν και να ερμηνεύσουν την ηλικία των γεωμορφών.

Συνοψίζοντας, μπορεί να σημειωθεί πως υψηλές τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος χαρακτηρίζουν ζώνες έντονου αναγλύφου και έντονης κατά βάθος διάβρωσης (κυρτή υψομετρική καμπύλη), ενώ χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε λεκάνες με έντονη μεταφορά υλικού χωρίς επίδραση πρόσφατης ενεργού τεκτονικής (κοίλη υψομετρική καμπύλη και καμπύλη τύπου S).



Σχήμα 4.11. Υψομετρικές καμπύλες για τα διάφορα στάδια εξέλιξης του κύκλου διάβρωσης του Davis (τροποποιημένο από Strahler, 1957).

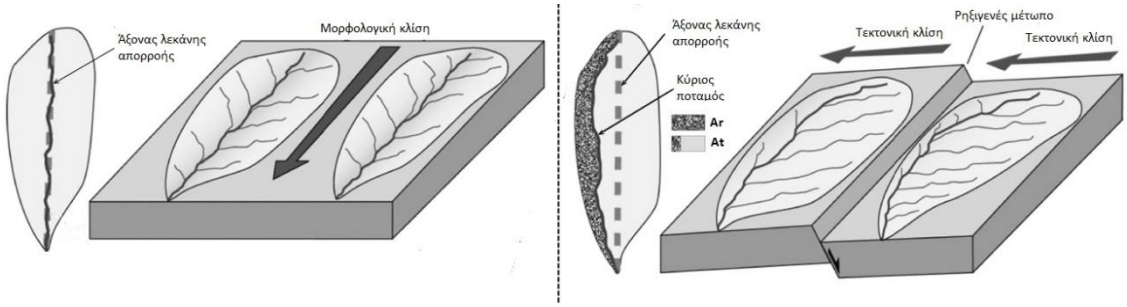
Κυρτή καμπύλη με υψηλή τιμή υψομετρικού ολοκληρώματος είναι τυπικά του σταδίου νεότητας, ενώ καμπύλες σχήματος S και κοίλες καμπύλες σε συνδυασμό με χαμηλές τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος είναι χαρακτηριστικές των σταδίων ωριμότητας και γήρατος αντίστοιχα.

(viii) Δείκτης ασυμμετρίας (Af)

Ο δείκτης ασυμμετρίας (Af) αποτελεί μια παράμετρο που βοηθά στον εντοπισμό λεκανών απορροής που έχουν πιθανόν αναπτυχθεί ασύμμετρα λόγω της τεκτονικής δραστηριότητας (Keller & Pinter, 2002) και ορίζεται ως ο λόγος του εμβαδού του τμήματος της λεκάνης που βρίσκεται δεξιά της διεύθυνσης ροής του ποταμού (κοιτώντας κατάντη) προς το συνολικό εμβαδό της λεκάνης απορροής (Σχήμα 4.12).

Λεκάνες που χαρακτηρίζονται από τεκτονική σταθερότητα έχουν τιμή δείκτη ασυμμετρίας περίπου ίσο με 50 (Σχήμα 4.12, αριστερά). Τιμές του δείκτη μεγαλύτερες ή μικρότερες του 50 (Σχήμα 4.12, δεξιά) δείχνουν ασυμμετρία στην ανάπτυξη της λεκάνης εξαιτίας της τεκτονικής δραστηριότητας ή λόγω διαφορών στη λιθολογία (Keller & Pinter 2002). Όπως οι περισσότεροι μορφομετρικοί δείκτες, ο δείκτης ασυμμετρίας δίνει καλύτερα αποτελέσματα όταν όλες οι

λεκάνες αναπτύσσονται στον ίδιο γεωλογικό σχηματισμό, όταν δεν υπάρχουν διαφορές στις κλίσεις των στρωμάτων και όταν δεν υπάρχουν διαφορές στο κλίμα και τη βλάστηση (Keller & Pinter, 2002). Άρα η ασυμμετρία της λεκάνης δεν μπορεί να αποδοθεί πάντα στην τεκτονική και φαίνεται πως η κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών εντός της λεκάνης έχει σημαντικό ρόλο στον τρόπο που θα αναπτυχθεί το υδρογραφικό δίκτυο. Μετατόπιση του υδρογραφικού δικτύου προς τη μία πλευρά της λεκάνης απορροής προς τη διεύθυνση δηλαδή των ανθεκτικών στη διάβρωση σχηματισμών, μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση της κεντρική κοίτης από το μέσο της λεκάνης δηλαδή ασυμμετρία στη λεκάνη απορροής (Keller & Pinter, 2002).



Σχήμα 4.12. Τρόπος υπολογισμού δείκτη ασυμμετρίας λεκάνης απορροής (Af) (τροποποιημένο από Mahmood & Gloaguen, 2012).

(ix) Δείκτης συγκέντρωσης (Cc)

Ο δείκτης συγκέντρωσης χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να περιγράψει το σχήμα της λεκάνης απορροής. Ισούται με το λόγο της περιμέτρου της λεκάνης απορροής προς την περίμετρο κυκλικής περιοχής ίσης έκτασης με αυτή της λεκάνης απορροής (Zăvoianu, 1985).

Όταν το σχήμα της λεκάνης είναι τέλειος κύκλος τότε ο δείκτης ισούται με τη μονάδα, ενώ μεγαλώνει η τιμή του (πάνω από 3) για πιο επιμήκεις λεκάνες (Zăvoianu, 1985).

Ο δείκτης συγκέντρωσης σχετίζεται έμμεσα με το λόγο επιμήκυνσης της λεκάνης απορροής. Χαμηλές τιμές δείχνουν μεγαλύτερο λόγο επιμήκυνσης, ενώ υψηλές τιμές φανερώνουν μικρότερο λόγο επιμήκυνσης (Ahmed et al., 2012).

(x) Λόγος υδρογραφικής υφής (T)

Σύμφωνα με τον Schumm (1956), ο λόγος υδρογραφικής υφής είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη μορφομετρική ανάλυση και ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των κλάδων

πρώτης τάξης προς την περίμετρο της λεκάνης. Η παράμετρος αυτή εξαρτάται από τη λιθολογία και τη διαπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών, αλλά και από το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής (Onosemuode et al., 2010). Όταν η τιμή του δείκτη είναι μικρότετη του 4 η λεκάνη χαρακτηρίζεται ως τραχειάς υφής, όταν είναι 4-10 χαρακτηρίζεται ως ενδιάμεσης, όταν είναι 10-15 χαρακτηρίζεται ως λείας υφής και εάν η τιμή είναι μεγαλύτερη του 15 η λεκάνη χαρακτηρίζεται ως εξαιρετικά λείας υφής (Smith, 1950).

(xi) Κλίση λεκάνης απορροής (Sb)

Για τον υπολογισμό της κλίσης των λεκανών απορροής χρησιμοποιείται η ισοδιάσταση, το συνολικό μήκος των ισοϋψών καμπυλών εντός αυτής και το εμβαδό της. Οι λεκάνες με απόκρημνο ανάγλυφο (μεγάλων κλίσεων) συνήθως έχουν διαμορφωθεί από υδρογραφικά δίκτυα που αποστραγγίζουν την περιοχή του ανυψούμενου τεμάχους ενός ενεργού ρήγματος (Burbank & Anderson 2008).

(xii) Αριθμός τραχύτητας του Melton (M)

Ο αριθμός τραχύτητας του Melton (M) υπολογίζεται από το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής και από το εμβαδό της. Υψηλές τιμές της παραμέτρου αντιστοιχούν σε τραχύ ανάγλυφο.

Πίνακας 4.4. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι λεκανών απορροής, τύποι υπολογισμού τους και ερευνητές που τις πρότειναν.

Λόγος επιμήκυνσης (Re)		**Re=2√(A/π)/ Lb,** A=το εμβαδό της λεκάνης απορροής, π=3.14και Lb = το μήκος της λεκάνης απορροής	Schumn,1956
Δείκτης μορφής λεκάνης (Ff)		**$Ff= A/ Lb^2$,** A=το εμβαδό της λεκάνης απορροής και Lb = το μήκος της λεκάνης απορροής	Horton, 1932
Λόγος κυκλικότητας (Rc)		**$Rc=4\pi A/P^2$,** A=το εμβαδό της λεκάνης απορροής, π=3.1 και P=η περίμετρος της λεκάνης απορροής	Miller, 1953
Δείκτης σχήματος λεκάνης (Bs)		**Bs=Lb/Bw,** Lb=το μήκος της λεκάνης απορροής και Bw= το πλάτος της λεκάνης	El Hamdouni, et al., 2008
Τοπικό ανάγλυφο (H)	m	**$H=H_{max} - H_{min}$,** H_{max} = το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής και H_{min} = το ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής	Strahler, 1952
Λόγος αναγλύφου (Rh)		**Rh=H/ Lb,** H=το τοπικό ανάγλυφο και Lb=το μήκος της λεκάνης απορροής	Schumn, 1956
Υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi)		**$Hi=(H_{mean}-H_{min})/(H_{max}-H_{min})*100$,** H_{mean}= το μέσο υψόμετρο της λεκάνης, H_{min}= το ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης και H_{max}= το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης	Keller and Pinter, 2002
Δείκτης ασυμμετρίας (Af)		**Af=(Ar/A)*100,** Ar= το εμβαδό του δεξιού τμήματος της λεκάνης ως προς την κύρια κοίτης (κατάντη) και A= το εμβαδό της λεκάνης απορροής	Keller and Pinter, 2002
Δείκτης συγκέντρωσης (Cc)		**Cc=P/SQRT(4*3,14*A),** P= η περίμετρος της λεκάνης απορροής και A= το εμβαδό της λεκάνης απορροής	Zăvoianu, 1985
Λόγος υδρογραφικής υφής (T)	$Χλμ^{-1}$	**$T=N_1/P$,** N_1= ο αριθμός των κλάδων πρώτης τάξης και P=η περίμετρος της λεκάνης απορροής	Smith, 1950
Κλίση λεκάνης απορροής (S_b)		**$S_b=(e*\Sigma L_c/A)*100$,** e = ισοδιάσταση, ΣL_c = συνολικό μήκος ισοϋψών καμπυλών εντός της λεκάνης απορροής και A= εμβαδό λεκάνης απορροής.	Roche, 1963
Αριθμός τραχύτητας του Melton (M)		**$M=H*A^{-0.5}$,** H= το ανάγλυφο της λεκάνης και A= το εμβαδό της λεκάνης απορροής	Melton 1965

4.2.3 Πολυκριτηριακή ανάλυση της νεοτεκτονικής δραστηριότητας σε περιφερειακή κλίμακα

Στην παράγραφο αυτή αναλύονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει η ταξινόμηση και ομαδοποίηση των λεκανών απορροής ως προς την επιρροή τους από την τεκτονική δραστηριότητα κατά τη διαμόρφωσή τους.

Η μεταβλητότητα των παραμέτρων που υπολογίστηκαν παραπάνω δίνει πολύ χρήσιμες πληροφορίες αλλά για να αναλυθούν αρκετές από αυτές τις μεταβλητές ταυτόχρονα και να ερμηνευτεί η δομή αυτής της σχέσης, διεξήχθη αρχικά η παραγοντική ανάλυση, μια από τις πολυμεταβλητές μεθόδους ανάλυσης. Με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται λίγες μεταβλητές αφού οι παράγοντες δημιουργούνται ώστε να διατηρούν τις πληροφορίες των παραμέτρων αλλά μειώνοντας τις διαστάσεις. Με τον τρόπο αυτό παρακάμπτεται η δυσκολία του πλεονασμού της πληροφορίας αφού συχνά κάποιο χαρακτηριστικό περιγράφεται από πολλές μεταβλητές (Ηλιοπούλου, 2015).

Οι μορφομετρικές παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση (η επιλογή των οποίων βασίζεται στη μελέτη των Argyriou et al. (2017)), εμπεριέχουν ήδη πληροφορίες σχετικά με την τεκτονική μέσω της μεταβλητότητάς τους και εάν προχωρούσε η παραγοντική ανάλυση με τις τιμές των παραμέτρων η πληροφορία αυτή θα χανόταν. Για το λόγο αυτό έγινε αρχικά μια ιεράρχηση / βαθμονόμηση των παραμέτρων με τη μεθοδολογία των Biswas et al. (1999) και των Argyriou et al. (2017), σύμφωνα με την οποία κάθε παράμετρος ανάλογα με την τιμή της παίρνει την τιμή 1 εάν δείχνει επίδραση λόγω έντονης τεκτονικής δραστηριότητας (στην περίπτωση της παρούσας μελέτης). Με τη λογική αυτή οι παράμετροι λόγος επιμήκυνσης (Re), λόγος κυκλικότητας (Rc) και ο δείκτης μορφής (Ff) βαθμονομούνται με την τιμή 1 όσο πιο μικρή είναι η τιμή τους και με 189 (όσες και οι λεκάνες απορροής που εξετάζονται) όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή τους (π.χ. πολύ κυκλική λεκάνη, δηλαδή μεγάλη τιμή κυκλικότητας δείχνει μικρή τεκτονική δραστηριότητα). Αντίθετα όλες οι άλλες παράμετροι παίρνουν τιμή προτεραιότητας 1 όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή τους ενώ μειώνεται η προτεραιότητα καθώς μικραίνει η τιμή (π.χ. ομαλό αναγλυφο, χαμηλή τιμή τοπικού αναγλύφου δείχνει μικρή τεκτονική δραστηριότητα).

Κριτήριο για την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης - και συγκεκριμένα της μεθόδου των κυρίων συνιστωσών - ήταν το μέτρο Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) και ο έλεγχος σφαιρικότητας

του Barlett. Χρησιμοποιήθηκαν πίνακες συσχετίσεων έναντι των πινάκων διακύμανσης και η επιλογή του αριθμού των παραγόντων έγινε με το κριτήριο Kaiser (να έχει ο παράγοντας ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας). Ταυτόχρονα με τη γραφική παρουσίαση των ιδιοτιμών κατά φθίνουσα σειρά στον άξονα Υ έναντι των παραγόντων στον άξονα Χ (Scree-plot) και επιλέχθηκε περιστροφή Varimax (Kaiser, 1958) με σκοπό τον καλύτερο διαχωρισμό των μεταβλητών από τους παράγοντες. Η σχέση κάθε μεταβλητής με έναν παράγοντα δίνεται από την παραγοντική φόρτιση και όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι αυτή τόσο πιο ισχυρή είναι η σχέση (Ηλιοπούλου, 2015). Στο σχηματισμό του κάθε παράγοντα θεωρήθηκαν σημαντικές μεταβλητές όσες είχαν φορτίο πάνω από 0,5 (Sharma, 1996), και το όνομα του κάθε παράγοντα ορίστηκε ανάλογα με το περιεχόμενό του. Ανάλογα δηλαδή με τις μεταβλητές που είχαν υψηλές παραγοντικές φορτίσεις με αυτόν. Για κάθε παρατήρηση (λεκάνη απορροής στην παρούσα μελέτη) υπολογίστηκαν οι παραγοντικές τιμές (factor scores) οι οποίες αποτελούν τις νέες τιμές των δημιουργημένων παραγόντων. Οι τιμές αυτές αποτελούν γραμμικό συνδυασμό των αρχικών μεταβλητών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση των παρατηρήσεων (Ηλιοπούλου, 2015).

Οι παράγοντες που προκύπτουν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως νέες μεταβλητές (παραγοντικές τιμές) σε άλλες αναλύσεις, όπως η απλή αναλυτική ιεράρχηση που ακολούθησε στην παρούσα μελέτη.

Η διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχησης (Saaty, 1980) έχει βασικό γνώρισμα την κατανομή βαρών, στους παράγοντες/κριτήρια που συνθέτουν το πρόβλημα, σύμφωνα με τη σημαντικότητά τους. Για τον προσδιορισμό αυτής της σχετικής σημαντικότητας κάθε μεταβλητής διεξάγονται συγκρίσεις ανά ζεύγη χρησιμοποιώντας την κλίμακα απόλυτων τιμών των Saaty & Vargas (1991) (Πίνακας 4.5) η οποία προσδίδει αριθμητικές τιμές τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά στις κρίσεις. Η συμπλήρωση του βαθμού σημαντικότητας μεταξύ δύο μεταβλητών σύμφωνα με τους Samal et al. (2015), απαιτεί εμπειρία πεδίου, γνώση του αντικειμένου ή τη γνώμη των ειδικών. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας πίνακας προτίμησης που αποτελεί το πρώτο στάδιο (α) της διαδικασίας ιεράρχησης.

Πίνακας 4.5. Κλίμακα συγκρίσεων ανά ζεύγη (Saaty & Vargas, 1991).

Περιγραφή	Ένταση/ Βαθμός σημαντικότητας
Ίση σημαντικότητα μεταβλητών	1
Μέτρια σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	3
Ισχυρά ή ουσιαστικά σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	5
Πολύ ισχυρά σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	7
Εξαιρετικά σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	9
Ενδιάμεσες τιμές	2,4,6,8

Στη συνέχεια στα στάδια β-γ και δ, οι αποδιδόμενες τιμές προτίμησης συντίθενται για να καθοριστεί μια κατάταξη των σχετικών παραγόντων όσον αφορά την αριθμητική τιμή που είναι ισοδύναμη με τα βάρη των παραγόντων.

Αναλυτικά, αφού αποδοθούν οι τιμές προτίμησης (αii) στο στάδιο α σύμφωνα με τον πίνακα 4.5, ακολούθως αθροίζονται οι στήλες (Sum_i) (Πίνακας 4.6) και στο επόμενο στάδιο β-γ οι τιμές προτίμησης κάθε στήλης (αii) στον πίνακα διαιρούνται με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης (Sum_i) και αθροίζονται εκ νέου οι τιμές κατά γραμμές αυτή φορά (Row_sumi) (Πίνακας 4.7). Τέλος στο στάδιο δ, το σύνολο κάθε γραμμής (Row_sumi) διαιρείται με τον αριθμό των μεταβλητών (n) και το αποτέλεσμα μας δίνει το συντελεστή βαρύτητας κάθε παράγοντα.

Πίνακας 4.6. Πίνακας προτίμησης- συγκρίσεις ανά ζεύγη (στάδιο α).

α_{11}	α_{12}	...	α_{1n}
α_{21}	α_{22}	...	α_{2n}
	⋮		
α_{n1}	α_{n2}	...	α_{nn}
Sum_1	Sum_2	...	Sum_n

Πίνακας 4.7. Πίνακας τιμών σταδίου β-γ και υπολογισμός συντελεστών βαρύτητας στο τελικό στάδιο δ.

					Συντ. Βαρύτητας (wi)
$\alpha_{11}/_{Sum\_1}$	$\alpha_{12}/_{Sum\_2}$	...	$\alpha_{1n}/_{Sum\_n}$	Row_sum1	$Row\_sum1/_{n}$
$\alpha_{21}/_{Sum\_1}$	$\alpha_{22}/_{Sum\_2}$	...	$\alpha_{2n}/_{Sum\_n}$	Row_sum2	$Row\_sum2/_{n}$
	⋮				⋮
$\alpha_{n1}/_{Sum\_1}$	$\alpha_{n2}/_{Sum\_2}$	...	$\alpha_{nn}/_{Sum\_n}$	Row_sumn	$Row\_sumn/_{n}$

Επειδή όμως, κατά την απόδοση συντελεστών βαρύτητας προτίμησης μπορεί να παρατηρηθούν ασυνέπειες που θα προκαλέσουν διαταραχές στον υπολογισμό του ιδιοδιανύσματος, ο Saaty (1980) πρότεινε έναν λόγο συνέπειας CR (consistency ratio), ο οποίος ελέγχει τη συνοχή του πίνακα κατά ζεύγη συγκρίσεων. Αργότερα οι Saaty & Vargas (1991) πρότειναν να αναθεωρείται ο πίνακας όταν ο λόγος συνέπειας είναι μεγαλύτερος του 0,1 και η προϋπόθεση αυτή ελέγχεται πλέον στη διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχησης. Ο υπολογισμός του λόγου συνέπειας γίνεται μέσω της εξίσωσης (1) όπως φαίνεται αναλυτικά παρακάτω:

$$CR = CI/RI \quad (1)$$

όπου RI (Random Index)=ένας τυχαίος δείκτης με συγκεκριμένες τιμές ανάλογα με το πλήθος των μεταβλητών (Πίνακας 4.8) και CI (consistency index)= ο δείκτης συνέπειας ο οποίος υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (2):

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n - 1} \quad (2) \qquad , \qquad \text{όπου } n = \text{το πλήθος των μεταβλητών και}$$

$\lambda max = \text{η μέγιστη τιμή της ιδιοτιμής } \lambda \text{ η οποία υπολογίζεται με την εξίσωση } (3)$

$$\lambda max = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{WVi}{wi} \quad (3) \qquad \text{όπου} \qquad \sum_{i=1}^{n}\frac{WVi}{wi} = \text{η διανυυσματική συνοχή (C) και}$$

$\text{όπου } wi = \text{τα βάρη που υπολογίστηκαν και}$

$WV = \text{το σταθμισμένο άθροισμα των διανυσμάτων του πίνακα συγκρίσεων}$

κατά ζεύγη και το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με τον πίνακα 4.9 παρακάτω.

Πίνακας 4.8. Τιμές του τυχαίου δείκτη RI ανάλογα με τον αριθμό των παραμέτρων (Saaty, 1980).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Πίνακας 4.9. Πίνακας υπολογισμού σταθμισμένου αθροίσματος των διανυσμάτων του πίνακα συγκρίσεων ανά ζεύγη.

$$\begin{aligned} WV1 &= a11 * w1 + a12 * w2 + \cdots + a1n * wn \\ WV2 &= a21 * w1 + a22 * w2 + \cdots + a2n * wn \\ &\vdots \qquad\qquad\qquad \vdots \\ WVm &= an1 * w1 + an2 * w2 + \cdots + ann * wn \end{aligned}$$

$\text{όπου } wi = \text{οι συντελεστές βαρύτητας (Πίνακας 4.7) και } \alpha_{ii} = \text{οι τιμές προτίμησης (Πίνακας 4.6)}$

4.2.4 Μέθοδος υπολογισμού του νέου σύνθετου δείκτη IRTA (Index of relative tectonic activity-Δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής) για την εκτίμηση της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας

Για τη μελέτη της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας στη βόρεια Εύβοια και τον εντοπισμό περιοχών που επηρεάζονται περισσότερο από τον τεκτονισμό, εκτός της μεθοδολογίας της προηγούμενης παραγράφου, συνδυάστηκαν πέντε από τις υπολογιζόμενες μορφομετρικές παραμέτρους και ο μέσος όρος τους οδήγησε σε έναν νέο δείκτη που ονομάστηκε IRTA (Index of Relative Tectonic Activity - Δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής). Ο δείκτης IRTA συνδυάζει τις παραμέτρους της κλίσης των κλιτύων της λεκάνης απορροής (Sb), του υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi), του δείκτη ασυμμετρίας (Af), του λόγου αναγλύφου (Rh) και του αριθμού τραχύτητας του Melton (M) και υπολογίζεται μέσω της εξίσωσης : IRTA = (Sb + Hi + Af + Rh + M)/5. Για κάθε έναν από αυτούς τους πέντε δείκτες που ενσωματώνονται στον υπολογισμό, οι λεκάνες απορροής ταξινομήθηκαν σε δύο τάξεις με βάση τις υπολογιζόμενες τιμές. Έτσι η τάξη 1, περιλαμβάνει λεκάνες με χαμηλές τιμές της εκάστοτε παραμέτρου, οπότε αντιστοιχεί σε περιοχές με χαμηλή τεκτονική δραστηριότητα, ενώ η τάξη 2 περιλαμβάνει λεκάνες με υψηλές τιμές της εκάστοτε παραμέτρου και χαρακτηρίζει περιοχές με υψηλή τεκτονική δραστηριότητα. Εκτός από τον υπολογισμό των περιγραφικών στατιστικών δεικτών των παραμέτρων των λεκανών, σχεδιάστηκε μια σειρά χαρτών όπου φαίνεται η χωρική κατανομή της κάθε παραμέτρου στην περιοχή μελέτης. Με βάση τις τιμές του νέου σύνθετου δείκτη οι λεκάνες απορροής χωρίστηκαν σε 3 τάξεις. Καθεμία από αυτές χαρακτηρίζεται από διαφορετικό βαθμό σχετικής πρόσφατης τεκτονικής δραστηριότητας, δηλαδή (1) χαμηλό, (2) μέτριο και (3) υψηλό βαθμό.

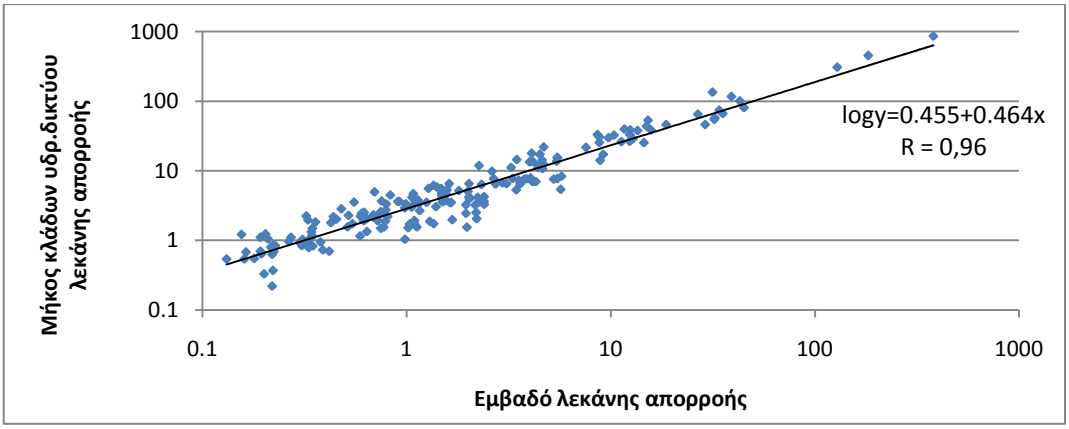
4.3 Αποτελέσματα

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης των υδρογραφικών δικτύων καθώς και των λεκανών απορροής, οι διαφοροποιήσεις των τιμών των μορφομετρικών παραμέτρων που εντοπίζονται μεταξύ των δικτύων και λεκανών που εκβάλλουν στις βόρειες, ανατολικές και δυτικές ακτές της περιοχής μελέτης και ακολουθούν τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης, της αναλυτικής ιεράρχησης και του υπολογισμού του σύνθετου δείκτη. Στο τέλος του υποκεφαλαίου παρατίθενται οι ζώνες στις

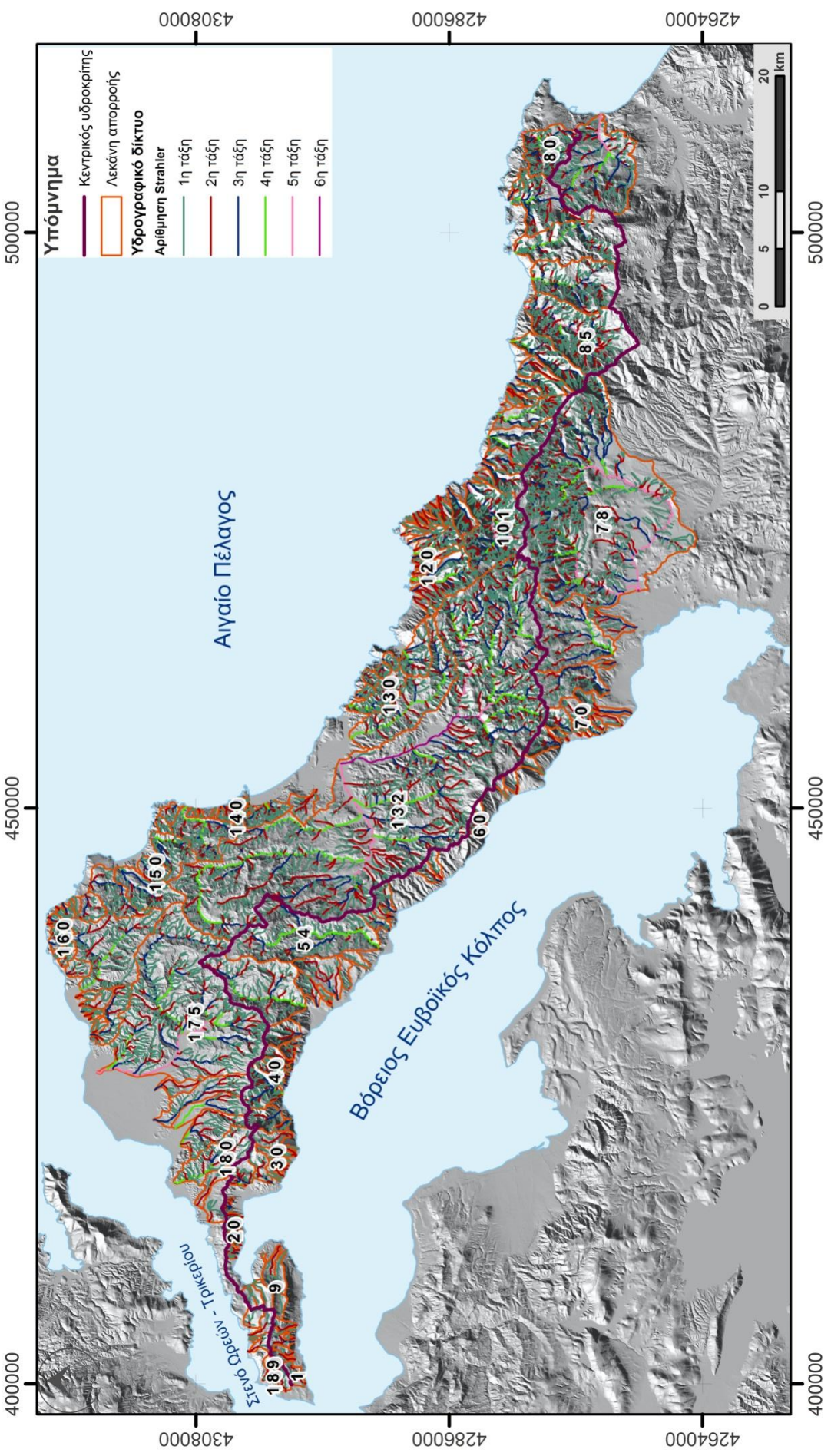
οποίες εντοπίζονται οι λεκάνες, η διαμόρφωση των οποίων είναι αποτέλεσμα υψηλής έως πολύ υψηλής τεκτονικής δράσης και επιλέγονται αυτές που θα αναλυθούν σε τοπική κλίμακα σε επόμενο κεφάλαιο.

4.3.1 Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης υδρογραφικών δικτύων

Κατά την πρώτη φάση της ανάλυσης των υδρογραφικών δικτύων της περιοχής μελέτης έγινε η αρίθμηση των κλάδων κατά Strahler (Σχήμα 4.14), όπως περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 4.2.1.1 καθώς και οι μετρήσεις του πλήθους των κλάδων και των μηκών αυτών ανά τάξη. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα Π. 3. Συνολικά η περιοχή μελέτης αποστραγγίζεται από 36 υδρογραφικά δίκτυα $1^{ης}$ τάξης, 63 $2^{ης}$ τάξης, 60 $3^{ης}$ τάξης, 22 $4^{ης}$ τάξης, 6 $5^{ης}$ τάξης και 2 από υδρογραφικά δίκτυα $6^{ης}$ τάξης. Για τις δύο λεκάνες $6^{ης}$ τάξης (No78 και No132) σημειώνεται πως το δίκτυο της πρώτης αποτελείται από 910 συνολικά κλάδους, με μήκος 456,78 χλμ και το δίκτυο της δεύτερης λεκάνης που έχει αναπτυχθεί στους Νεογενείς σχηματισμούς, αποτελείται από 1496 κλάδους με συνολικό μήκος 865,95 χλμ. Αυτό είναι και το μεγαλύτερο υδρογραφικό δίκτυο στην περιοχή. Προκειμένου να βρεθεί η σχέση μεταξύ του εμβαδού της λεκάνης απορροής και του συνολικού μήκους κλάδων για τις αντίστοιχες λεκάνες, κατασκευάστηκε μια γραμμή παλινδρόμησης σε ένα λογαριθμικό γράφημα (Σχήμα 4.13) στο οποίο μπορεί να παρατηρηθεί η πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών (ο συντελεστής συσχέτισης R αποτελεί μέτρο αυτής της εξάρτησης και ισούται με 0,96). Επίσης στο γράφημα φαίνεται και η εξίσωση που τις συνδέει.



Σχήμα 4.13. Λογαριθμικό διάγραμμα μεταξύ του εμβαδού της λεκάνης απορροής και του συνολικού μήκους κλάδων του υδρογραφικού δικτύου για το σύνολο των λεκανών της περιοχής μελέτης.
Στο διάγραμμα φαίνεται η γραμμή τάσης που φανερώνει τη σχέση των μεταβλητών, η εξίσωση που τις συνδέει και ο συντελεστής συσχέτισης.



Σχήμα 4.14. Υδρογραφικά δίκτυα που αποστραγγίζουν την περιοχή μελέτη αριθμημένα κατά Strahler και οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής. Οι αριθμοί αντιστοιχούν σε νούμερα λεκανών (ενδεικτικά).

Ακολούθως εφαρμόστηκε ο πρώτος νόμος του Horton και σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα που συνδέουν τον αριθμό των κλάδων με την τάξη των κλάδων, σύμφωνα με την ανάλογη μεθοδολογία του κεφαλαίου 4.2.1.3, με σκοπό να βρεθούν αποκλίσεις από τη συνήθη γραμμική σχέση που έχουν συνήθως οι δύο αυτές παράμετροι (γεωμετρική μείωση αριθμού κλάδων καθώς η τάξη αυξάνεται). Τα διαγράμματα για τα υδρογραφικά δίκτυα μεγαλύτερα της 3^{ης} τάξης παρουσιάζονται στο σχήμα Π. 6. Τα υδρογραφικά δίκτυα των λεκανών No149, No178 και No179 παρουσιάζουν χαμηλό βαθμό συμμόρφωσης με τον πρώτο νόμο του Horton, δηλαδή εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις σε συγκεκριμένες τάξεις.

Αναφορικά με το λόγο διακλάδωσης (Rb), η τιμή του οποίου φαίνεται πάνω στα διαγράμματα (Σχήμα Π. 6) των 90 λεκανών απορροής με τάξη μεγαλύτερη της 3^{ης}, φαίνεται πως 57 λεκάνες απορροής έχουν τιμές που κυμαίνονται από 3,02 έως 4,95, είναι δηλαδή μεταξύ 3-5 που υποδηλώνει φυσικά αναπτυσσόμενα δίκτυα (Strahler, 1964), ενώ αντίθετα οι υπόλοιπες 33 λεκάνες δείχνουν απόκλιση από τις αναμενόμενες τιμές. Συγκεκριμένα, 30 λεκάνες έχουν τιμή μικρότερη το 3 (τιμές 2-2,95) δηλαδή έχουν ανομοιογενή ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου, και μόνο 3 λεκάνες (No40, No88 και No152) έχουν τιμές μεγαλύτερες του 5, σχετίζονται δηλαδή με έντονη τεκτονική δραστηριότητα.

Από τη σύγκριση των διαγραμμάτων με τα αποτελέσματα του λόγου διακλάδωσης φαίνεται πως για τις 3 λεκάνες που εμφανίζουν απόκλιση από τον πρώτο νόμο (No149, No178 και No179), υπάρχει κάποιος τεκτονικός έλεγχος (δραστηριότητα) γεγονός που έχει διαταράξει την ανάπτυξη των υδρογραφικών τους δικτύων.

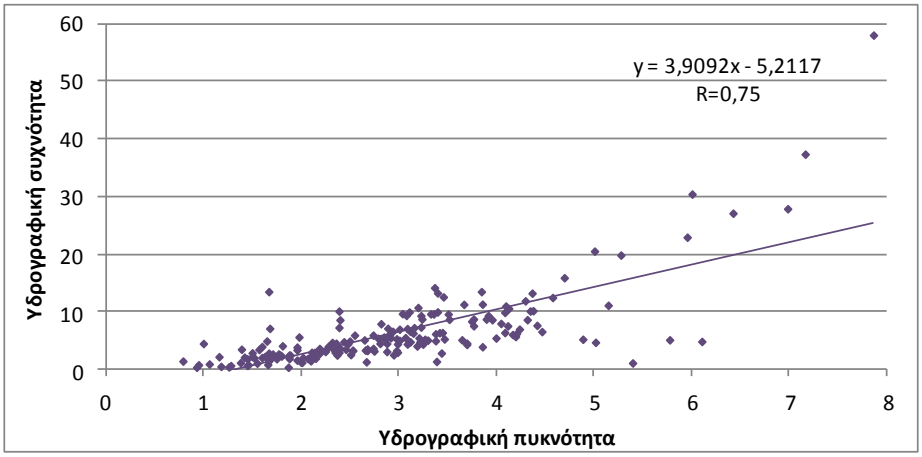
Ακολούθως εφαρμόστηκε ο δεύτερος νόμος του Horton και σχεδιάστηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα, μήκους κλάδων προς τάξη κλάδων, σύμφωνα με την ανάλογη μεθοδολογία του κεφαλαίου 4.2.1.3, με σκοπό να βρεθούν αποκλίσεις από τη συνήθη γραμμική σχέση που έχουν συνήθως οι δύο αυτές παράμετροι (γεωμετρική αύξηση μήκους κλάδων καθώς η τάξη αυξάνεται). Τα διαγράμματα για τα υδρογραφικά δίκτυα μεγαλύτερα της 3^{ης} τάξης παρουσιάζονται στο σχήμα Π. 7. Τα υδρογραφικά δίκτυα των λεκανών No4, No16, No19, No22, No23, No24, No38, No40, No46, No48, No54, No56, No65, No70, No71, No73, No78, No79, No80, No85, No86, No87, No118, No120, No123, No124, No147, No148, No149, No151, No156, No158, No161, No163, No164, No176 και No179 παρουσιάζουν σχετικά χαμηλό βαθμό

συμμόρφωσης με το δεύτερο νόμο του Horton, δηλαδή εμφανίζουν αποκλίσεις σε κάποιες τάξεις.

Αναφορικά με το συντελεστή μήκους (RL) που σημειώνεται στα διαγράμματα (Σχήμα Π. 6) των 90 λεκανών απορροής με τάξη μεγαλύτερη της 3^{ης}, παρατηρείται πως οι περισσότερες λεκάνες, συγκεκριμένα οι 66 λεκάνες απορροής έχουν τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1,51 και 3,47. Οπότε σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Abrahams, 1984), αφού βρίσκονται δηλαδή μεταξύ 1,5-3,5, δείχνουν φυσικά αναπτυσσόμενα δίκτυα. Οι υπόλοιπες 24 λεκάνες έχουν τιμές από 1 έως 1,48 και από 3,72 έως 5,13 υποδεικνύοντας απόκλιση από τις τιμές των φυσικά αναπτυσσόμενων δικτύων.

Από τη σύγκριση των διαγραμμάτων με τα αποτελέσματα του συντελεστή μήκους (RL) εντοπίζονται τα υδρογραφικά δίκτυα που εμφανίζουν απόκλιση από το δεύτερο νόμο, γεγονός που αποτελεί ένδειξη επίδρασης τεκτονικής δραστηριότητας στη διαμόρφωσή τους. Τα δίκτυα αυτά, των οποίων διαταράσσεται η ανάπτυξη είναι τα δίκτυα των λεκανών No16, No19, No24, No46, No48, No56, No65, No70, No71, No78, No147, No149, No151, No176 και No179.

Τέλος για τα υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής μελέτης υπολογίστηκαν οι παράμετροι της υδρογραφικής υφής (δηλαδή υδρογραφική συχνότητα και υδρογραφική πυκνότητα). Τα αποτελέσματα (Πίνακας Π. 4) δείχνουν πως οι μεγαλύτερες τιμές της πυκνότητας (7,87 χλμ^{-1}, και 7,17 χλμ^{-1}) αλλά και της υδρογραφικής συχνότητας (58,06 χλμ^{-2} και 37,41 χλμ^{-2}) παρατηρούνται σε λεκάνες απορροής (No23 και No22) με μικρή διαπερατότητα όπου η επιφανειακή απορροή είναι πλούσια και επικρατούν οι ποτάμιες διεργασίες και κυρίως η συγκεντρωμένη σε κοίτες ροή. Οι χαμηλότερες τιμές της πυκνότητας (0,79 χλμ^{-1}, και 0,93 χλμ^{-1}) αλλά και της υδρογραφικής συχνότητας (0,45 χλμ^{-2}) παρατηρούνται σε λεκάνες απορροής (No63 και No12 για την πυκνότητα και No12, No8 για τη συχνότητα) με μεγάλη διαπερατότητα, όπου δηλαδή η κατείσδυση είναι σημαντική και επικρατούν οι διεργασίες πλαγιάς έναντι των ποτάμιων. Άρα σημαντικό ρόλο στη γεωγραφική κατανομή των τιμών των δύο αυτών παραμέτρων έχει η λιθολογία των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών πάνω στους οποίους αναπτύσσονται τα δίκτυα. Η καλή θετική συσχέτιση (R=0,75) της υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας, καθώς και η γραμμική εξίσωση που τις συνδέει για το σύνολο των υδρογραφικών δικτύων της περιοχής μελέτης, φαίνονται στο σχήμα 4.15.



Σχήμα 4.15. Διάγραμμα διασποράς των μεταβλητών υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα. Στο διάγραμμα φαίνονται επίσης η γραμμή τάσης και ο συντελεστής συσχέτισης.

4.3.2 Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης λεκανών απορροής

Οι παράμετροι των λεκανών απορροής που μετρήθηκαν και εκείνες που υπολογίστηκαν, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν στις αναλύσεις που ακολουθούν, περιέχουν ήδη πληροφορίες για τις διεργασίες που συνέβαλαν στη διαμόρφωση των λεκανών. Ακολουθεί ο σχολιασμός των τιμών (Πίνακας Π. 4) και των σχέσεων μεταξύ τους, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την επίδραση της ενεργού τεκτονικής στις λεκάνες απορροής και τις επιπτώσεις αυτής στα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά.

Αναφορικά με το μέγεθος των λεκανών απορροής παρατηρείται πως οι λεκάνες No112 και No23 έχουν το μικρότερο εμβαδό (0,131 και 0,155 χλμ^2 αντίστοιχα) ενώ οι λεκάνες No175, No78 και No132 καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση με εμβαδό 128,67 χλμ^2, 182,50 χλμ^2 και 380,50 χλμ^2 αντίστοιχα. Η περίμετρος ακολουθεί, σε ό,τι αφορά τις μικρότερες και τις μεγαλύτερες τιμές, την κατάταξη των λεκανών βάσει έκτασης, ενώ για το μήκος των λεκανών σημειώνεται πως οι λεκάνες No23 (0,69 χλμ) και οι No186 και No22 (0,78 χλμ) έχουν το μικρότερο μήκος, ενώ οι μεγαλύτερες σε έκταση λεκάνες απορροής έχουν το μεγαλύτερο μήκος.

Όπως αναλυτικά περιγράφεται στην παράγραφο 4.2.2.2, οι τιμές των περισσοτέρων παραμέτρων αυξάνονται καθώς αυξάνεται η τεκτονική δραστηριότητα, αλλά δε συμβαίνει το ίδιο για το λόγο επιμήκυνσης, το δείκτη σχήματος λεκάνης και το λόγο κυκλικότητας, για τους οποίους όσο μικρότερη είναι η τιμή τους τόσο μεγαλύτερη είναι η τεκτονική δραστηριότητα που έχουν δεχτεί οι λεκάνες απορροής κατά το σχηματισμό τους. Η σχέση των δύο τελευταίων

(λόγος κυκλικότητας και δείκτης σχήματος λεκάνης) με το λόγο επιμήκυνσης παρουσιάζεται στο σχήμα 4.16, όπου φαίνονται τόσο οι ευθείες γραμμικής παλινδρόμησης όσο και η συγκέντρωση τιμών γύρω από τις γραμμές τάσης μέσα από τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης, ο οποίος και στις δύο περιπτώσεις είναι μεγάλος - ιδιαίτερα μεταξύ δείκτη σχήματος λεκάνης και λόγου επιμήκυνσης. Επιπλέον, η συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων αυτών μπορεί να αξιολογηθεί από το σχήμα 4.17, όπου φαίνεται πως υπάρχει μια σχέση μείωσης των τιμών του δείκτη σχήματος λεκάνης σε σχέση με τους λόγους επιμήκυνσης και κυκλικότητας οι οποίοι ακολουθούν μια παρόμοια πορεία. Ωστόσο συγκεκριμένες λεκάνες δεν ακολουθούν το μοντέλο αυτό κυρίως αναφορικά με την πορεία του λόγου κυκλικότητας.

Αναλυτικά, οι λεκάνες No27, No109, No72 και No104 έχουν τις χαμηλότερες τιμές λόγου επιμήκυνσης (περίπου 0,3) και άρα το σχήμα τους είναι επίμηκες αποδεικνύοντας την επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας στις περιοχές των συγκεκριμένων λεκανών, ενώ αντίθετα οι λεκάνες No147, No127, No125, No153 και No22 έχουν τις μεγαλύτερες τιμές και δείχνουν περισσότερο κυκλική μορφή και κατά κάποιο τρόπο λιγότερο ενεργές περιοχές. Συγκεκριμένα 28 λεκάνες έχουν λόγο επιμήκυνσης μικρότερο του 0,75 και σύμφωνα με τη βιβλιογραφία μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν αναπτυχθεί σε τεκτονικά ανενεργές περιοχές (Παράγραφος 4.2.2.2), 47 λεκάνες φαίνεται να έχουν επηρεαστεί από την έντονη ενεργό τεκτονική με τιμές μικρότερες του 0,5 και οι περισσότερες, δηλαδή οι υπόλοιπες 114 έχουν τιμές 0,5-0,75 δηλαδή ανήκουν στην κατηγορία των περιοχών με μέτρια ενεργό τεκτονική δραστηριότητα.

Οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη μορφής παρατηρούνται στις λεκάνες No27, No109, No104 και No72 (0,061 έως 0,104) στις οποίες είναι χαρακτηριστική η επίδραση της τεκτονικής λόγω του επιμήκους σχήματός τους. Αντίθετα, οι λεκάνες No147, No127, No125, No153 και No22 που έχουν τις μεγαλύτερες τιμές (τιμές που προσεγγίζουν τη μονάδα από 0,863 έως 1,142 στη λεκάνη No22) έχουν πιο κυκλικό σχήμα και ήπιο ανάγλυφο γεγονός που αποτελεί ένδειξη μικρότερης επίδρασης της τεκτονικής δραστηριότητας. Είναι χαρακτηριστικό ότι το πλάτος της λεκάνης No22 που είναι η μοναδική με τιμή μεγαλύτερη της μονάδας είναι μεγαλύτερο από το μήκος της.

Ο λόγος κυκλικότητας έχει μικρότερες τιμές (0,198-0,277) για τις λεκάνες No104, No109, No132, No131 και No72, γεγονός που φανερώνει πως αυτές έχουν το περισσότερο επίμηκες

σχήμα, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές (0,735-0,822) αντιστοιχούν στις λεκάνες No46, No128, No163, No150 και No127 που είναι περισσότερο κυκλικές. Συνολικά 149 λεκάνες απορροής από το σύνολο των 189 της περιοχής μελέτης έχουν τιμές λόγου κυκλικότητας μικρότερες του 0,6. Αυτές φανερώνουν πιθανά (γιατί σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του σχήματος και της γεωμετρίας της λεκάνης παίζουν και άλλοι παράγοντες μεταξύ των οποίων και η λιθολογία) την επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας.

Αντίθετα από τους παραπάνω δείκτες, ο δείκτης σχήματος λεκάνης έχει μεγάλες τιμές (6,314-12,255) για επιμήκεις λεκάνες όπως οι No109, No92, No177, No27 και No74 οι οποίες έχουν υποστεί τη δράση έντονης τεκτονικής δραστηριότητας, ενώ αντίθετα οι λεκάνες No75, No77, No81, No22 και No132 έχουν μικρές τιμές δείκτη σχήματος λεκάνης (0,25-0,655) που φανερώνουν πιο κυκλικό σχήμα και μικρότερη επίδραση της τεκτονικής. Σύμφωνα με τη Ramírez-Herrera (1998) ο δείκτης σχήματος αντικατοπτρίζει διαφορές μεταξύ επιμηκυσμένων λεκανών απορροής με υψηλές τιμές του δείκτη και πιο κυκλικών με χαμηλές τιμές και χρησιμοποιείται για την αναγνώριση επιμηκυσμένων λεκανών που χαρακτηρίζονται από ισχυρή κατά βάθος διάβρωση σε περιοχές όπου επικρατεί η τεκτονική ανύψωση. Ως εκ τούτου, λεκάνες που συνδυάζουν χαμηλές τιμές δείκτη επιμήκυνσης, δείκτη κυκλικότητας και δείκτη μορφής λεκάνης ταυτόχρονα με υψηλές τιμές δείκτη σχήματος λεκάνης αποτελούν ένδειξη νεοτεκτονικής δραστηριότητας. Στην περιοχή μελέτης οι λεκάνες αυτές είναι οι No104, No109, No113, No115 και No177.

Οι τιμές του δείκτη τοπικού αναγλύφου είναι μεγάλες (1,35-1,75) για τις λεκάνες No84-88, No78 και No95 φανερώνοντας πως το γεωλογικό υπόβαθρο είναι ανθεκτικό στη διάβρωση και η περιοχή λοφώδης, ενώ οι λεκάνες No174, No23, No159, No139 και No145 έχουν τις χαμηλότερες τιμές (0,082-0,132) αντιπροσωπεύοντας περιοχές ήπιου αναγλύφου που καταλαμβάνονται από ευδιάβρωτους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Ο λόγος αναγλύφου παίρνει τις μικρότερες τιμές (0,045-0,051) για τις λεκάνες No176, No181, No173, No164 και No132 αντιπροσωπεύοντας περιοχές ήπιου αναγλύφου που καταλαμβάνονται από ευδιάβρωτους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις μεγαλύτερες τιμές (0,54-0,63) για τις λεκάνες No60 έως No64 που αντιστοιχούν σε λοφώδεις περιοχές που καταλαμβάνονται από ανθεκτικούς στη διάβρωση σχηματισμούς. Στο σχήμα 4.18 φαίνεται η σχέση του λόγου αναγλύφου με το εμβαδό της λεκάνης, σύμφωνα με το οποίο ο δείκτης

παρουσιάζει μια τάση μείωσης καθώς μειώνεται το μέγεθος της λεκάνης. Επιπλέον της ανωτέρω σχέσης, στο σχήμα 4.19 φαίνεται η ελαφρώς θετική συσχέτιση του λόγου αναγλύφου με τις παραμέτρους της υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας. Οι τιμές των τελευταίων εμφανίζουν μια μικρή τάση να αυξάνονται όσο αυξάνεται ο λόγος αναγλύφου, όπως αναμενόταν από τη βιβλιογραφία (Strahler, 1964; Schumm, 1997; Al-Sulaimi et al., 1997), αν και υπάρχουν λεκάνες απορροής οι οποίες παρουσιάζουν μικρές τιμές υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας και ταυτόχρονα μεγάλες τιμές λόγου αναγλύφου, όπως για παράδειγμα οι No61-No64 λεκάνες (σημειώνεται με έναν πράσινο κύκλο στο σχήμα 4.19). Οι λεκάνες αυτές καταλαμβάνονται από ανθεκτικά πετρώματα με μεγάλη διαπερατότητα (ασβεστόλιθοι) και αν και θα μπορούσε να είναι αυτή η αιτία της χαμηλής ανάπτυξης του δικτύου, εντούτοις δεν μπορεί να αποκλειστεί η περίπτωση το έντονο ανάγλυφο να οφείλεται σε τεκτονική ανύψωση γιατί οι εν λόγω λεκάνες αναπτύσσονται στο ανερχόμενο τέμαχος της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου (χωρικά οι λεκάνες φαίνονται στο σχήμα 4.1). Επιπροσθέτως εντοπίστηκαν λεκάνες απορροής οι οποίες αν και παρουσιάζουν υψηλές τιμές λόγου αναγλύφου, χαρακτηρίζονται από γεωλογικούς σχηματισμούς (σχιστόλιθους και φυλλίτες), που χαρακτηρίζονται ως μέτριας ανθεκτικότητας στη διάβρωση και μικρής διαπερατότητας. Οι λεκάνες αυτές No31-No34 και No43-No45 έχουν υψηλές τιμές λόγου αναγλύφου ενώ αναμενόταν να έχουν χαμηλές λόγω λιθολογίας και ως εκ τούτου η συμπεριφορά αυτή μπορεί να αποδοθεί σε τεκτονική ανύψωση.

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα έχει υψηλές τιμές (όταν η τιμή τους είναι μεγαλύτερη του 50%) για περιοχές με έντονο ανάγλυφο, ισχυρή κατά βάθος διάβρωση λόγω ανύψωσης και άρα έντονη τεκτονική δραστηριότητα (Tsimi et al., 2007a), μια συνθήκη που για την περιοχή μελέτης απαντάται σε 108 λεκάνες απορροής με τις No38, No100, No58 και No83 να έχουν τις πιο υψηλές τιμές (Hi >60%). Αντίθετα, τιμές μικρότερες του 35%, σχετίζονται με λεκάνες με ήπιας μορφολογίας ανάγλυφο και με κύρια ποτάμια διεργασία εντός αυτών την έντονη μεταφορά υλικών κατά μήκος των κοιτών. Λεκάνες με αυτά τα χαρακτηριστικά διανύουν το στάδιο ωριμότητας και η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει μόνο 6 τέτοιες λεκάνες από το σύνολο των 189 και συγκεκριμένα στις No178, No131, No182, No132, No174 και No78 οι οποίες έχουν αντίστοιχα τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος 14%, 26%, 33%, 33%, 45% και 34% αντίστοιχα. Στο σχήμα 4.20 φαίνεται η κατάταξη των λεκανών απορροής στις 3 κατηγορίες (<35%, 35-50% και >50%, όπως έχουν προταθεί από τους Markose και Jayappa (2011)), ενώ το σχήμα Π. 8

περιλαμβάνει τις καμπύλες των υψομετρικών ολοκληρωμάτων όλων των λεκανών που υπολογίστηκαν από το ΨΜΕ κάθε λεκάνης χωρισμένο σε ίσα υψομετρικά διαστήματα. Στο ίδιο διάγραμμα με κόκκινη γραμμή σημειώνονται οι γραμμές τάσης που ταιριάζουν καλύτερα στα δεδομένα, είναι όλες πολυωνυμικές με όσο το δυνατό χαμηλότερη τάξη πολυωνύμων, που σε όλες είναι η $3^{η}$ τάξη και οι οποίες έχουν μεγάλη αξιοπιστία (R^2>0,9). Δύο κύριοι ανταγωνιστικοί παράγοντες διαμορφώνου το ανάγλυφο και την εξέλιξή του, από τη μία η τεκτονική και από την άλλη η κατά βάθος διάβρωση και οι υψομετρικές καμπύλες εξαρτώνται και από τους δύο αυτούς παράγοντες. Η μορφή τους είναι κοίλη για τις λεκάνες που βρίσκονται στο στάδιο γήρατος, κυρτή για τις λεκάνες που διανύουν το στάδιο νεότητας και μορφής S για τις λεκάνες του σταδίου ωριμότητας. Εκτενέστερη ποιοτική ανάλυση των υψομετρικών καμπύλων γίνεται στο υποκεφάλαιο 4.4, καθώς και στις παραγράφους 6.2.2.5 και 6.3.2.5, όπου αναλύονται οι λεκάνες απορροής σε τοπική κλίμακα. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η συσχέτιση μεταξύ του υψομετρικού ολοκληρώματος και του μέγεθος της λεκάνης απορροής έδειξε μια πολύ ασθενή σχέση (R^2=0,006) και άρα ασήμαντη. Επιπλέον ελέγχθηκε κατά πόσο ο δείκτης μορφής λεκάνης επηρεάζει την υψομετρία και βρέθηκε πως δεν υπάρχει έλεγχος στο υψομετρικό ολοκλήρωμα (R^2=0,052) από το σχήμα της λεκάνης.

Ο δείκτης ασυμμετρίας υπολογίστηκε για να βρεθεί τόσο ο σχετικός βαθμός της κλίσης των λεκανών απορροής όσο και η διεύθυνση της κλίσης αυτής. Όταν ο δείκτης ασυμμετρίας είναι μεγαλύτερος του 50% τότε η λεκάνη κλίνει προς τα αριστερά κοιτώντας κατάντη-προς τη ροή του ποταμού, όταν είναι μικρότερος του 50% τότε κλίνει δεξιά ενώ όταν ο δείκτης είναι ίσος με 50% τότε η λεκάνη είναι συμμετρική. Να σημειωθεί πως ο αριθμός που χρησιμοποιείται τόσο στο σχήμα 6.26, όσο και στον πίνακα Π. 4 και στην πολυκριτηριακή ανάλυση ως δείκτης ασυμμετρίας (Af) ισούται με την απόλυτη τιμή της διαφοράς Af-50 ώστε να εκφραστεί η διαφορά μεταξύ της φυσικής τιμής που είναι το 50 και της παρατηρούμενης ανά λεκάνη τιμής. Με τον τρόπο αυτό μπορεί κανείς εύκολα να παρατηρήσει λεκάνες των οποίων οι τιμές αποκλίνουν από το 50 και συγκεκριμένα όσο απομακρύνονται από το 0 δείχνουν μεγαλύτερη επίδραση τεκτονικής δραστηριότητας, ενώ όσο πλησιάζουν το 0 δείχνουν λεκάνες με τιμές δείκτη ασυμμετρίας κοντά στο 50, δηλαδή συμμετρικές λεκάνες (El Hamdouni et al., 2008) που δεν έχουν επηρεαστεί από τον τεκτονισμό. Στην περιοχή μελέτης οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 0,06 έως 37,32. Η βόρεια Εύβοια μπορεί να διαιρεθεί σε 3 τάξεις με εύρη τιμών 20,01-37,32 (τάξη 1), 10,01-20 (τάξη 2), 0-10 (τάξη 3) αντίστοιχα. Στο σχήμα 4.21, φαίνονται οι

διευθύνσεις των κλίσεων των ασύμμετρων λεκανών ως προς τον κύριο κλάδο αλλά και η κατάταξη της περιοχής σε 3 τάξεις, όπως περιγράφεται παραπάνω, με την 1η τάξη να δείχνει τη μεγαλύτερη απόκλιση από το 50 και άρα μεγαλύτερη κλίση, τη δεύτερη να δείχνει μέτρια κλίση και την 3η να αντιστοιχεί σε πιο συμμετρικές λεκάνες. Στο σχήμα 4.21 δεν παρατηρείται κάποιο μοτίβο στην χωρική κατανομή του δείκτη ασυμμετρίας αλλά μόνο κατά θέσεις, όπως για παράδειγμα στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, οι τιμές του δείκτη παρουσιάζουν αντίθετη ασυμμετρία. Αυτό που διακρίνεται στο σχήμα 4.21 σε σύγκριση με τον απλοποιημένο λιθολογικό χάρτη της περιοχής (Σχήμα 4.25) είναι πως λεκάνες απορροής που δομούνται από ευδιάβρωτους γεωλογικούς σχηματισμούς, εμφανίζουν τη μεγαλύτερη ασυμμετρία και ακολουθούν με επίσης υψηλές τιμές ασυμμετρίας λεκάνες που αναπτύσσονται σε χαλαρές επιφανειακές αποθέσεις. Γίνεται φανερό πως ο δείκτης ασυμμετρίας από μόνος του δε μπορεί εύκολα να οδηγήσει σε συμπεράσματα ως προς την τεκτονική της περιοχής μελέτης λόγω της πολυπλοκότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των λιθολογικών διαφορών εντός των λεκανών αλλά και μεταξύ αυτών.

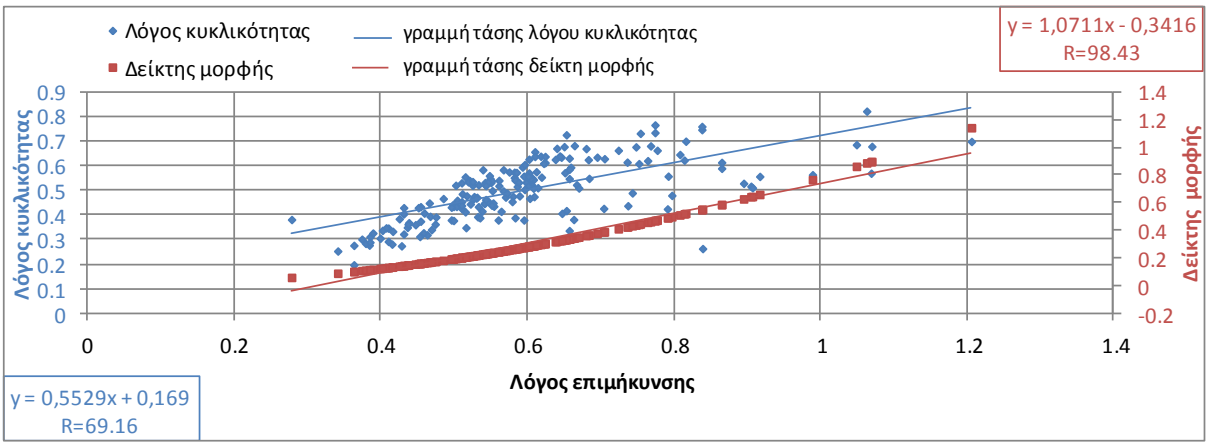
Ο δείκτης συγκέντρωσης παίρνει μικρότερες τιμές (1,1-1,17) στις λεκάνες No127, No150, No163, No128 και No46 το σχήμα των οποίων είναι πιο κυκλικό και η μεταφορά υλικού κατά μήκος των κοιτών είναι ισχυρή. Οι μικρές τιμές του δείκτη αποτελούν ένδειξη λιγότερο έντονης τεκτονικής δραστηριότητας. Ο δείκτης παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές (1,9 έως 2,245) στις λεκάνες No72, No73, No131, No132, No109 και στη No104, που διανύουν το στάδιο νεότητας, έχουν λιγότερο κυκλικό σχήμα και δείχνουν ότι αναπτύσσονται σε τεκτονικά ενεργές περιοχές. Αυτή η σχεδόν τέλεια αρνητική συσχέτιση (R=-0,97) του δείκτη συγκέντρωσης με το λόγο κυκλικότητας φαίνεται χαρακτηριστικά στο σχήμα 4.22.

Ο δείκτης υδρογραφικής υφής παίρνει τις μικρότερες τιμές (0,11-0,18) στις λεκάνες No8, No64, No12, No53 και No14 δείχνοντας υδρογραφικό τραχύ ανάγλυφο. Οι μεγαλύτερες τιμές του δείκτη αντιστοιχούν στις λεκάνες No80, No85, No132, No101 και No78 (με τιμές 5,8 – 7 - 8,3 - 10,2 και 10,4 αντίστοιχα) που έχουν πιο λεπτή υδρογραφική υφή και εντονότερο ανάγλυφο με τις υψηλές τιμές του δείκτη να είναι χαρακτηριστικές περιοχών πρόσφατης ανύψωσης (Singh, 2012).

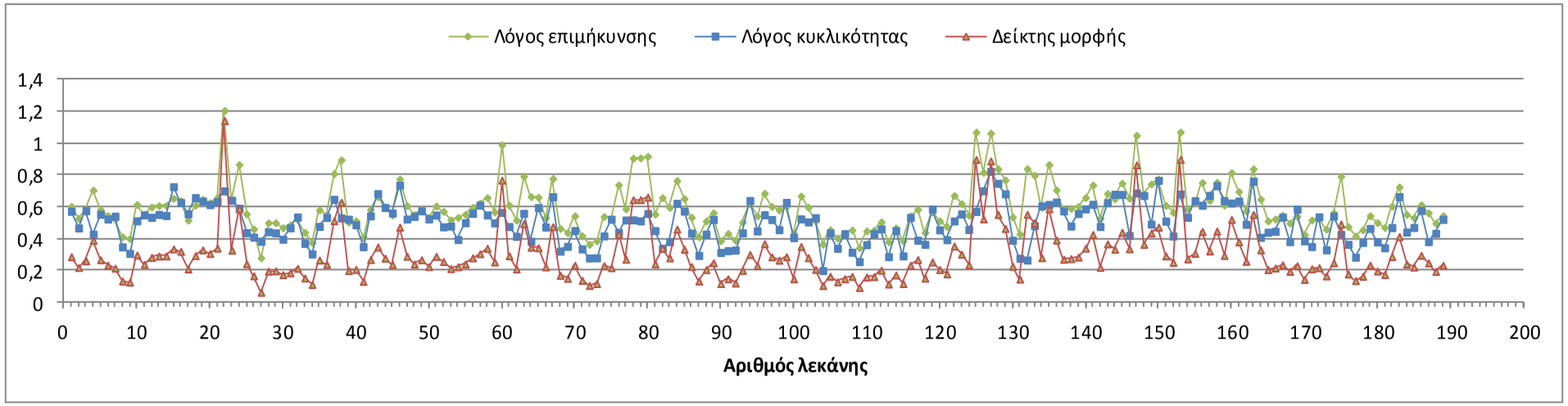
Οι τιμές της κλίσης ποικίλουν από 15,2 % έως 74,6 % για το σύνολο των λεκανών απορροής που μελετήθηκαν. Από τη χωρική κατανομή των τιμών των κλίσεων είναι προφανές πως οι

υψηλές τιμές, οι οποίες δείχνουν απόκρημνο ανάγλυφο, εντοπίζονται σε λεκάνες που αναπτύσσονται στα ανυψούμενα τεμάχη των ρηγμάτων της Δίρφυος, του Κανδηλίου-Τελέθριου και της Αιδηψού. Υπάρχει μια σαφής διαφοροποίηση μεταξύ των περιοχών μεγάλης κλίσης οι οποίες επηρεάζονται από τις ρηξιγενείς ζώνες και των υπόλοιπων, σχετικά μικρής κλίσης περιοχών. Στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού παρατηρείται ένας μικρός αριθμός λεκανών που εμφανίζουν κλίσεις μεγαλύτερες από τις γειτονικές τους λεκάνες. Οι υψηλές κλίσεις στην περιοχή αυτή φαίνεται πως οφείλονται στη λιθολογία και μπορούν να αποδοθούν στην παρουσία ανθεκτικών στη διάβρωση γεωλογικών σχηματισμών οι οποίοι ευνοούν την ανάπτυξη λεκανών με απότομες κλίσεις.

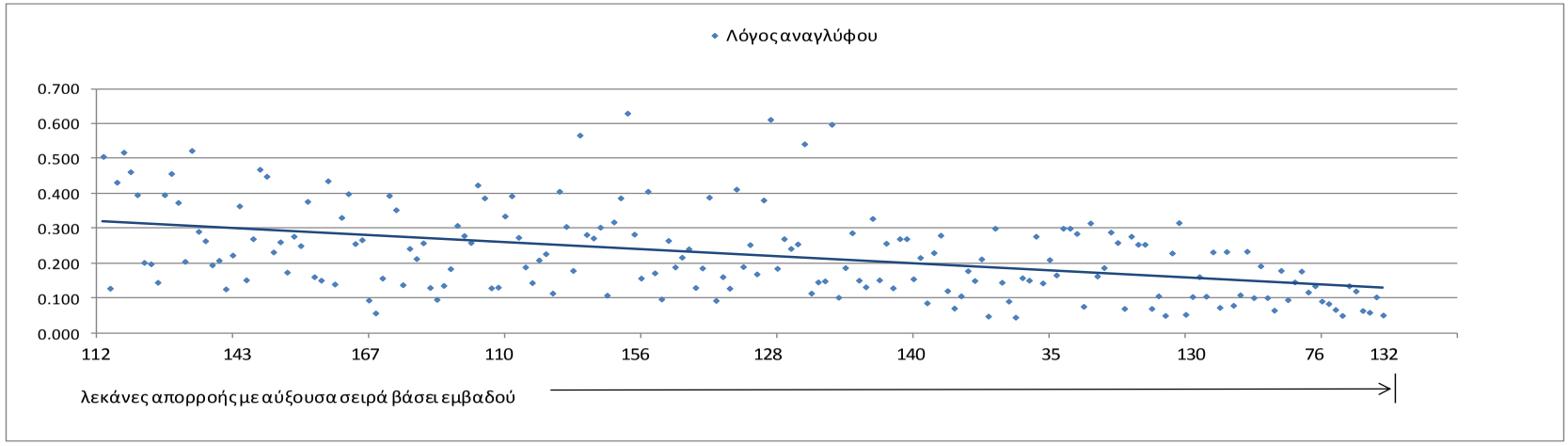
Οι τιμές του αριθμού τραχύτητας του Melton κυμαίνονται από 0,069 έως 1,378. Η χωρική κατανομή των τιμών της παραμέτρου φαίνεται πως είναι παρόμοια με την κατανομή των άλλων δεικτών, με τις λεκάνες μεγάλης τραχύτητας να αναπτύσσονται στα ανυψούμενα τεμάχη των σημαντικών ρηγμάτων.



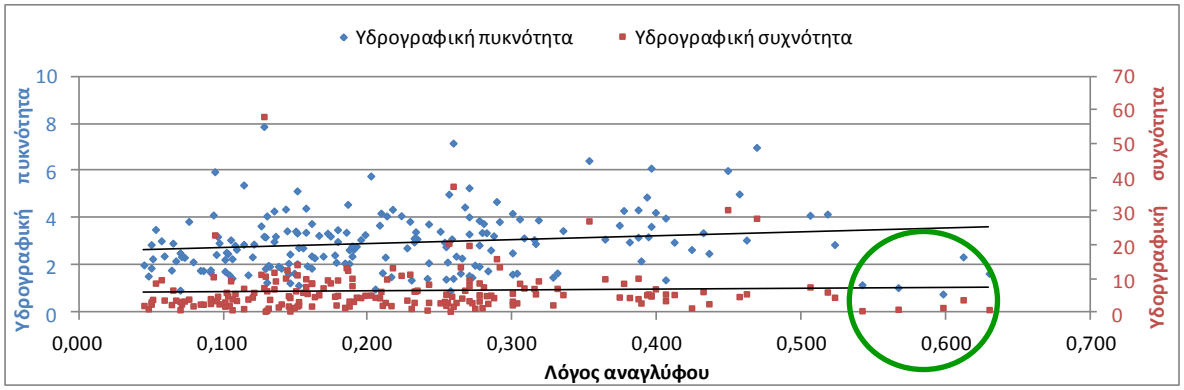
Σχήμα 4.16. Σχέση λόγου κυκλικότητας και δείκτη μορφής με το λόγο επιμήκυνσης.



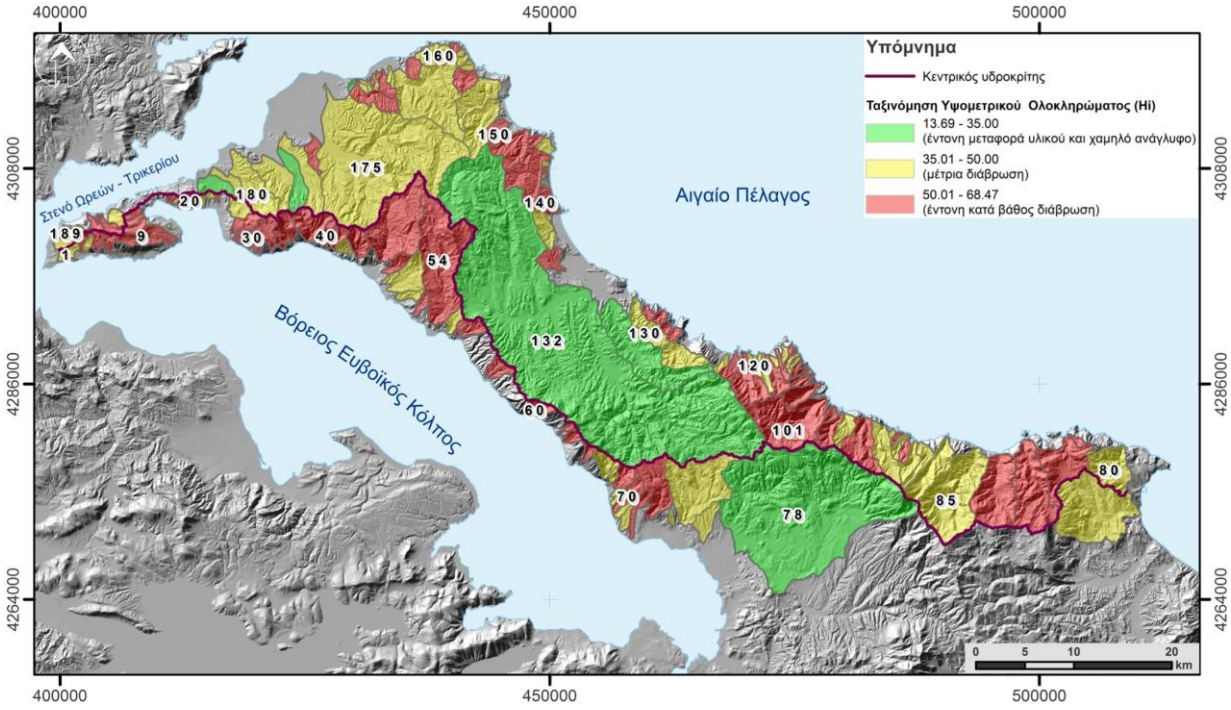
Σχήμα 4.17. Σχέση λόγου επιμήκυνσης, λόγου κυκλικότητας και δείκτη μορφή. Παρατηρείται μια μείωση των τιμών (αναλογία) μεταξύ των τριών παραμέτρων.



Σχήμα 4.18. Σχέση μεταξύ λόγου αναγλύφου και του μεγέθους της λεκάνης απορροής. Ο άξονας x απεικονίζει την έκταση των λεκανών κατά φθίνουσα σειρά και ο άξονας y αντιστοιχεί στην παράμετρο του λόγου αναγλύφου.

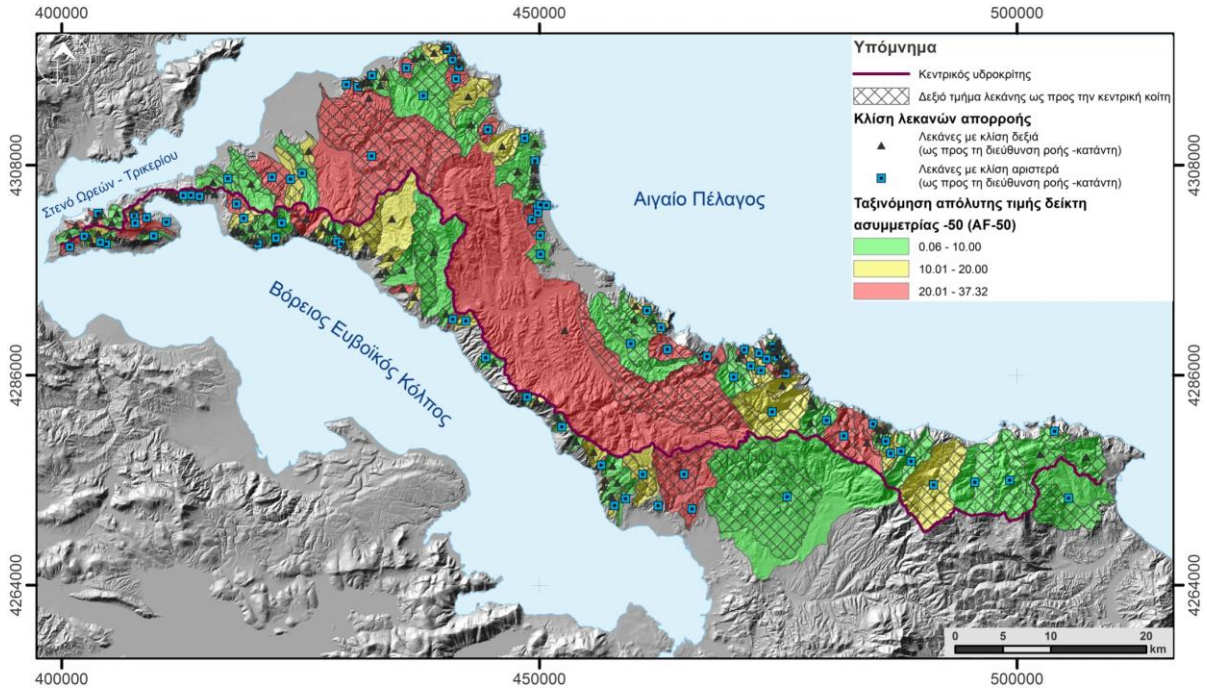


Σχήμα 4.19. Συσχέτιση του λόγου αναγλύφου με την υδρογραφική πυκνότητα και την υδρογραφική συχνότητα.



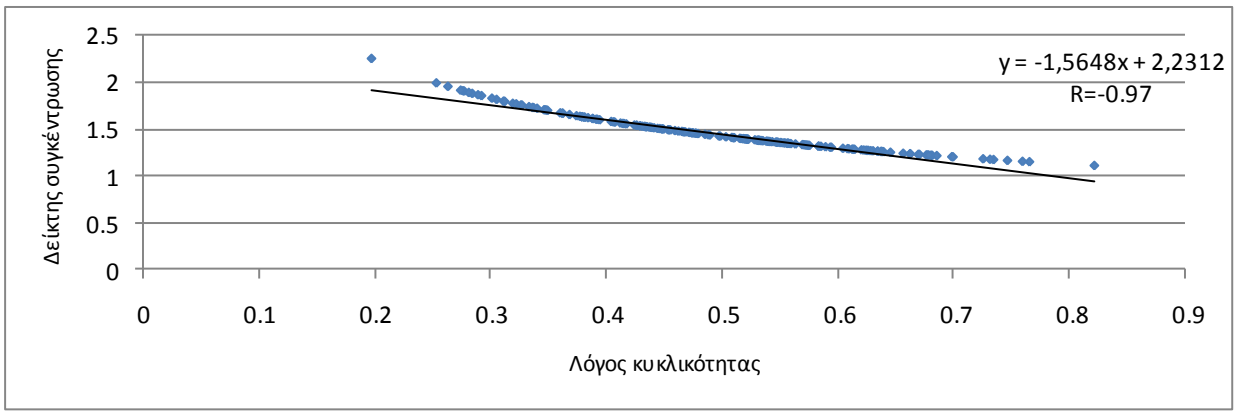
Σχήμα 4.20. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης με βάση της τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος (<35%, 35%-50% και >50%).

(Τα νούμερα αντιστοιχούν ενδεικτικά στην αρίθμηση των λεκανών).



Σχήμα 4.21. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης με βάση της τιμές της απόλυτης τιμής της διαφοράς του δείκτη ασυμμετρίας από την τιμή 50 που αποτελεί τη φυσική τιμή (<35%, 35%-50% και >50%).

Στην εικόνα φαίνονται επίσης η διεύθυνση κλίσης των λεκανών απορροής και το δεξιό τμήμα κάθε λεκάνης (ως προς την κεντρική κοίτη) κοιτώντας κατάντη.



Σχήμα 4.22. Συσχέτιση λόγου κυκλικότητας και δείκτη συγκέντρωσης.

4.3.3 Διαφοροποιήσεις μορφομετρικών παραμέτρων κατά μήκος των ακτών της περιοχής μελέτης

Εκτός από την ταξινόμηση των λεκανών απορροής που ακολουθεί στο κεφάλαιο 6 στην παρούσα παράγραφο επιχειρείται να ελεγχθεί εάν υπάρχει κάποιο μοτίβο στην κατανομή των τιμών των μορφομετρικών δεικτών και παραμέτρων των υδρογραφικών δικτύων και λεκανών

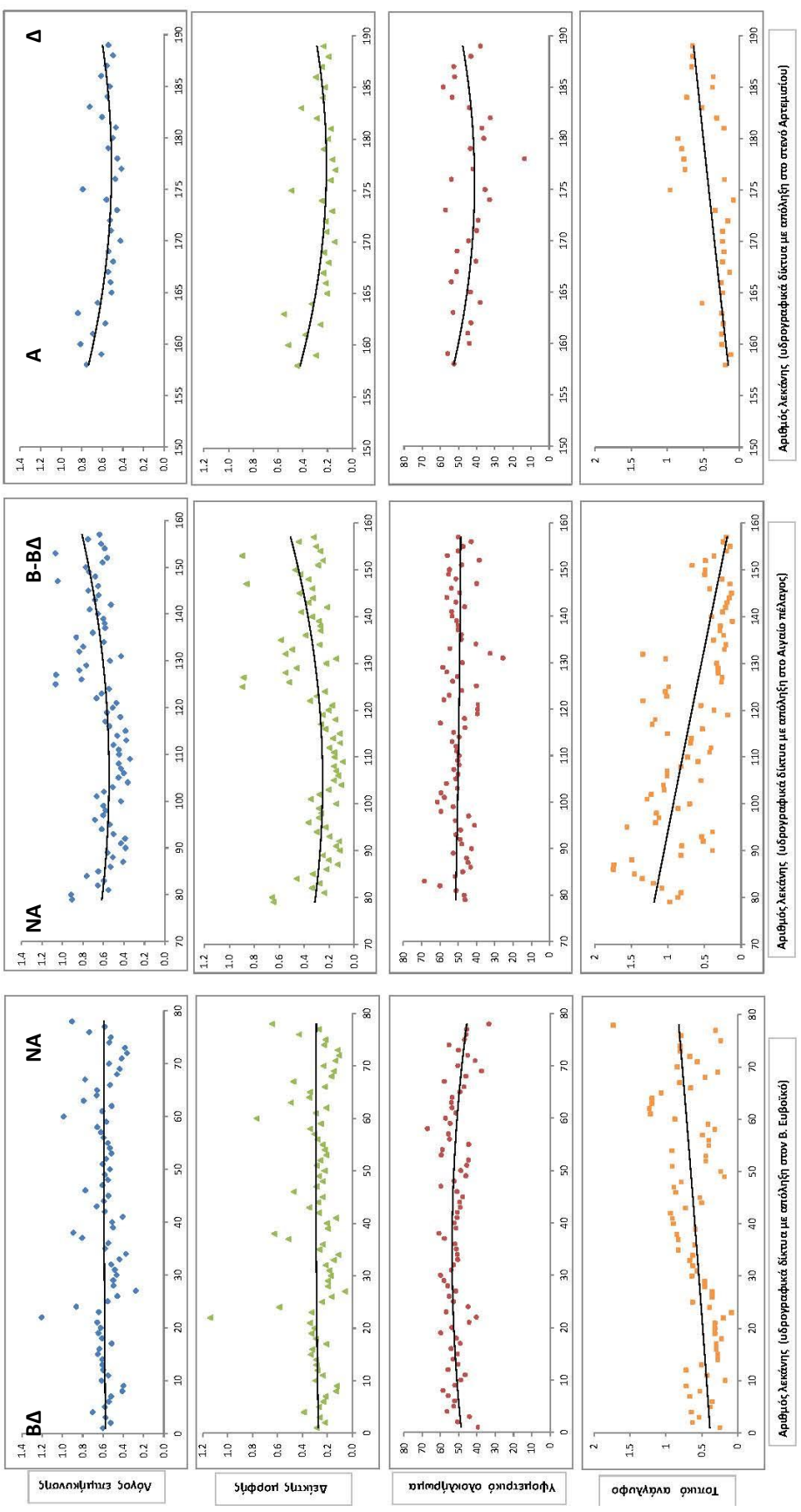
απορροής που εκβάλλουν στις ακτές του βόρειου Ευβοϊκού, του Αιγαίου πελάγους και του στενού Αρτεμισίου, των δικτύων και λεκανών δηλαδή που αποστραγγίζουν το ανατολικό, δυτικό και βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης αντίστοιχα (Σχήμα 4.1).

Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα του σχήματος 4.23, όπου απεικονίζονται διαγράμματα διασποράς για 4 μεταβλητές, αυτές του λόγου επιμήκυνσης, του δείκτη μορφής, του υψομετρικού ολοκληρώματος και του τοπικού αναγλύφου. Στα διαγράμματα έχουν σχεδιαστεί οι γραμμές τάσης που είναι πολυωνυμικές γραμμές ($2^{ης}$ τάξης) λόγω της διακύμανσης των δεδομένων.

Από τα διαγράμματα φαίνεται πως υπάρχει μια τάση προς τα νοτιοανατολικά για τα υδρογραφικά δίκτυα με απόληξη το βόρειο Ευβοϊκό και για τα δίκτυα με απόληξη στο Αιγαίο πέλαγος και μια τάση δυτικά για τα υδρογραφικά δίκτυα με απόληξη στο στενό Αρτεμισίου. Αν και υπάρχει αρκετά μεγάλη διασπορά, μπορούν να γίνουν κάποιες γενικές παρατηρήσεις όσον αφορά την τάση κατά μήκος των ακτών (Σχήμα 4.23):

- στην περίπτωση των υδρογραφικών δικτύων που εκβάλλουν στον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο ο λόγος επιμήκυνσης, ο δείκτης μορφής και το υψομετρικό ολοκλήρωμα δεν παρουσιάζουν κάποια τάση, ενώ το τοπικό ανάγλυφο εμφανίζει αύξηση των τιμών προς τα νοτιοανατολικά και συγκεκριμένα στις λεκάνες No60-78,

- στην περίπτωση των δικτύων που καταλήγουν στο Αιγαίο πέλαγος, παρατηρείται μια αύξηση των τιμών του λόγου επιμήκυνσης και του λόγου κυκλικότητας προς τα βόρεια-βορειοδυτικά (λεκάνες No140-157). Οι πιο επιμήκεις λεκάνες (No79-130) εντοπίζονται στο νοτιοανατολικό τμήμα, εκεί όπου το τοπικό ανάγλυφο εμφανίζεται ιδιαίτερα έντονο.
- Στην περίπτωση των υδρογραφικών δικτύων που εκβάλλουν στο στενό Αρτεμισίου, ο λόγος επιμήκυνσης, ο λόγος κυκλικότητας και το υψομετρικό ολοκλήρωμα εμφανίζουν μια τάση αύξησης της τιμής του προς την περιφέρεια -παραβολικές γραμμές τάσης, με τις τιμές των δύο πρώτων παραμέτρων να αυξάνονται ελαφρά προς την ανατολή. Συνεπώς οι περισσότερο επιμήκεις λεκάνες εντοπίζονται δυτικά, εκεί όπου το τοπικό ανάγλυφο εμφανίζει τάση αύξησης (λεκάνες απορροής No180-189).



Σχήμα 4.23. Διαγράμματα διασποράς που δείχνουν τη διαφοροποίηση των τεσσάρων παραμέτρων των λεκανών απορροής ανάλογα με τη θέση απόληξης του υδρογραφικού τους δικτύου.

Στην αριστερή στήλη φαίνονται τα δίκτυα που εκβάλλουν στον Β. Ευβοϊκό κόλπο, στη μεσαία στήλη παρουσιάζονται τα δίκτυα που καταλήγουν στο Αιγαίο πέλαγος και στη δεξιά στήλη φαίνονται τα δίκτυα που καταλήγουν στο στενό Αρτεμισίου. Να σημειωθεί πως οι γραμμές είναι γραμμές τάσης και όχι ευθείες γραμμικής παλινδρόμησης γιατί ο άξονας χ έχει την αρίθμηση των λεκανών και όχι τιμές μεταβλητής.

4.3.4 Αποτελέσματα παραγοντικής ανάλυσης

Στην παρούσα παράγραφο επιχειρείται η ομαδοποίηση των λεκανών απορροής με βάση την τεκτονική επίδραση που έχουν δεχτεί λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των μορφομετρικών παραμέτρων. Χρησιμοποιήθηκαν 17 μεταβλητές (βάσει της μεθοδολογίας των Argyriou et al. (2017)), τόσο μετρούμενες όσο και προκύπτουσες μέσω μαθηματικών σχέσεων από τις βασικές παραμέτρους, οι οποίες υπολογίστηκαν για το σύνολο των 189 λεκανών απορροής (Παράγραφος 4.2.1) και επιχειρήθηκε η μείωση του αριθμού τους με τη εφαρμογή παραγοντικής ανάλυσης λόγω του γεγονότος πως οι περισσότερες από τις μεταβλητές αυτές είναι συσχετισμένες. Για τις λεκάνες απορροής οι παράμετροι αυτές είναι: η περίμετρος (P), το εμβαδό (A), το μήκος λεκάνης (Lb), ο λόγος επιμήκυνσης (Re), ο δείκτης μορφής (Ff), ο λόγος κυκλικότητας (Rc), ο δείκτης σχήματος (Bs), το ανάγλυφο (H), ο λόγος αναγλύφου (Rh), το υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi), η ασυμμετρία (Af), ο δείκτης συγκέντρωσης (Cc) και ο λόγος υδρογραφικής υφής (T). Για το υδρογραφικό δίκτυο οι παράμετροι είναι: το μήκος (SLu), ο αριθμός των κλάδων (Nu), η υδρογραφική συχνότητα (Fs) και η υδρογραφική πυκνότητα (Dd).

Τα δεδομένα εξετάστηκαν με περιγραφικά στατιστικά (Πίνακας 4.10) και διαπιστώθηκε πως οι μεταβλητές παρουσιάζουν διαφορές στο μέσο όρο και την τυπική απόκλιση, οπότε στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι τυποποιημένες τους τιμές. Η τυποποίηση έγινε με βάση τον τύπο:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s},$$

όπου x: είναι οι τιμές της μεταβλητής που πρόκειται να τυποποιηθεί, $\bar{x}$: είναι ο μέσος της μεταβλητής x που πρόκειται να τυποποιηθεί και s: είναι η τυπική απόκλιση των παρατηρήσεων της μεταβλητής x.

Πίνακας 4.10. Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τις 17 επιλεγμένες μεταβλητές (μορφομετρικές παραμέτρους).

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
Perimeter_P	189	9,82469	12,991653
Area_A	189	8,10538	32,484314
Basin_length_Lb	189	3,4522	3,31679
Elongation_ratio_Re	189	,59552	,151292
Form_factor_Ff	189	,29628	,164660
Circularity_ratio_Rc	189	,49825	,120946
Basin_shape_Bs	189	2,81274	1,619023
Basin_relief_H	189	,60434	,370873
Relief_ratio_Rh	189	,22448	,125299
Hypsometric_Integral_Hi	189	49,5072	7,21934
Assymetry_Af	189	12,7981	9,02703
Compactness_coef_Cc	189	1,45152	,195110
Texture_ratio_Rt	189	1,44248	1,629515
Stream_length_Slu	189	19,8178	75,78538
Stream_number_Nu	189	37,08	136,412
Stream_Frequency_Fs	189	6,3484	6,50931
Drainage_Density_Dd	189	2,9574	1,24768
Valid N (listwise)	189		

Οι παράμετροι αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση, από μόνες τους περιέχουν ήδη πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της τεκτονικής (για παράδειγμα σε άλλες η μεγάλη τους τιμή σχετίζεται με τεκτονική δραστηριότητα ενώ σε άλλες το αντίθετο)˙ εάν η παραγοντική ανάλυση προχωρούσε με τις τιμές του πίνακα Π. 3, η πληροφορία αυτή θα χανόταν. Για το λόγο έγινε αρχικά μια ιεράρχηση / βαθμονόμηση των παραμέτρων με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην παράγραφο 4.2.3 και προέκυψε ο πίνακας Π. 5.

Ακολούθως οι τιμές συγκρίθηκαν και με βάση τον πίνακα συσχετίσεων/ ενδοσυναφειών (Πίνακας 4.11) βρέθηκαν ικανοποιητικά μεγάλες συσχετίσεις ανάμεσα στις μεταβλητές, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγοντική ανάλυση (το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται παρακάτω με άλλους δείκτες και ελέγχους).

Πίνακας 4.11. Πίνακας συσχέτισης μορφομετρικών παραμέτρων λεκανών απορροής που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγοντική ανάλυση ως μεταβλητές.

Correlation matrix

Zscore_ rank_of	P	A	Lb	Re	Ff	Rc	Bs	H	Rh	Hi	AF	Cc	Rt	Slu	Nu	Fs	Dd
P	**1,000**	0,981	0,975	-0,146	-0,146	0,311	-0,091	0,626	-0,431	-0,040	0,081	0,309	0,417	0,922	0,742	-0,328	-0,383
A	0,981	**1,000**	0,939	-0,294	-0,293	0,147	-0,200	0,570	-0,467	-0,025	0,088	0,145	0,494	0,941	0,774	-0,279	-0,387
Lb	0,975	0,939	**1,000**	0,014	0,015	0,411	0,039	0,649	-0,428	-0,059	0,076	0,408	0,368	0,887	0,715	-0,345	-0,361
Re	-0,146	-0,294	0,014	**1,000**	1,000	0,753	0,747	0,102	0,195	-0,108	-0,084	0,753	-0,480	-0,283	-0,371	-0,193	0,091
Ff	-0,146	-0,293	0,015	1,000	**1,000**	0,751	0,746	0,102	0,195	-0,110	-0,083	0,751	-0,480	-0,283	-0,371	-0,193	0,090
Ec	0,311	0,147	0,411	0,753	0,751	**1,000**	0,572	0,379	-0,005	-0,111	-0,100	1,000	-0,270	0,126	0,074	-0,330	-0,078
Bs	-0,091	-0,200	0,039	0,747	0,746	0,572	**1,000**	0,144	0,190	-0,063	-0,125	0,574	-0,352	-0,184	-0,233	-0,157	0,087
H	0,626	0,570	0,649	0,102	0,102	0,379	0,144	**1,000**	0,355	0,124	0,054	0,376	0,200	0,523	0,480	-0,222	-0,191
Rh	-0,431	-0,467	-0,428	0,195	0,195	-0,005	0,190	0,355	**1,000**	0,235	-0,007	-0,005	-0,288	-0,468	-0,402	0,119	0,201
Hi	-0,040	-0,025	-0,059	-0,108	-0,110	-0,111	-0,063	0,124	0,235	**1,000**	0,001	-0,113	-0,048	-0,031	-0,053	-0,010	0,042
AF	0,081	0,088	0,076	-0,084	-0,083	-0,100	-0,125	0,054	-0,007	0,001	**1,000**	-0,101	0,107	0,082	0,050	0,064	0,014
Cc	0,309	0,145	0,408	0,753	0,751	1,000	0,574	0,376	-0,005	-0,113	-0,101	**1,000**	-0,271	0,124	0,071	-0,329	-0,077
Rt	0,417	0,494	0,368	-0,480	-0,480	-0,270	-0,352	0,200	-0,288	-0,048	0,107	-0,271	**1,000**	0,677	0,787	0,638	0,366
Slu	0,922	0,941	0,887	-0,283	-0,283	0,126	-0,184	0,523	-0,468	-0,031	0,082	0,124	0,677	**1,000**	0,842	-0,038	-0,088
Nu	0,742	0,774	0,715	-0,371	-0,371	0,074	-0,233	0,480	-0,402	-0,053	0,050	0,071	0,787	0,842	**1,000**	0,177	0,023
Fs	-0,328	-0,279	-0,345	-0,193	-0,193	-0,330	-0,157	-0,222	0,119	-0,010	0,064	-0,329	0,638	-0,038	0,177	**1,000**	0,764
Dd	-0,383	-0,387	-0,361	0,091	0,090	-0,078	0,087	-0,191	0,201	0,042	0,014	-0,077	0,366	-0,088	0,023	0,764	**1,000**

Στη συνέχεια για τις βαθμονομημένες και τυποποιημένες μεταβλητές εκτιμήθηκε ο βαθμός ομοιογένειας με το μέτρο Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Πίνακας 4.12) για να εκτιμηθεί ο βαθμός στον οποίο ο πίνακας συσχέτισης είναι κατάλληλος για παραγοντική ανάλυση. Τιμές μεγαλύτερες του 0,55 είναι αποδεκτές. Στην περίπτωση των δεδομένων μας η τιμή του μέτρου Kaiser-Meyer-Olkin είναι 0,746>0,55. Επιπλέον έγινε ο έλεγχος σφαιρικότητας του Barlett, από τον οποίο απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και άρα υπάρχει στατιστική σημαντικότητα του στατιστικού X^2, οπότε οι μεταβλητές είναι συσχετισμένες μεταξύ τους και υπάρχει καταλληλότητα στο υπόδειγμα παραγοντικής ανάλυσης (τιμή ελέγχου συνάρτησης = 7214,710 με 136 βαθμούς ελευθερίας).

Πίνακας 4.12. Έλεγχοι KMO για τα δεδομένα των 17 βαθμονομημένων και τυποποιημένων μεταβλητών.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,746
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7214,710
	df	136
	Sig.	,000

Επίσης, εκτιμήθηκαν οι ιδιαιτερότητες των μεταβλητών (Πίνακας 4.13), δηλαδή εκτιμήθηκε το ποσοστό της μεταβλητότητας κάθε μεταβλητής που εξηγείται από το παραγοντικό μοντέλο. Από τις τιμές αυτές φαίνεται πως το προσαρμοσμένο μοντέλο ερμηνεύει μεγάλο ποσοστό κάθε παραμέτρου με εξαίρεση το υψομετρικό ολοκλήρωμα και το δείκτη ασυμμετρίας.

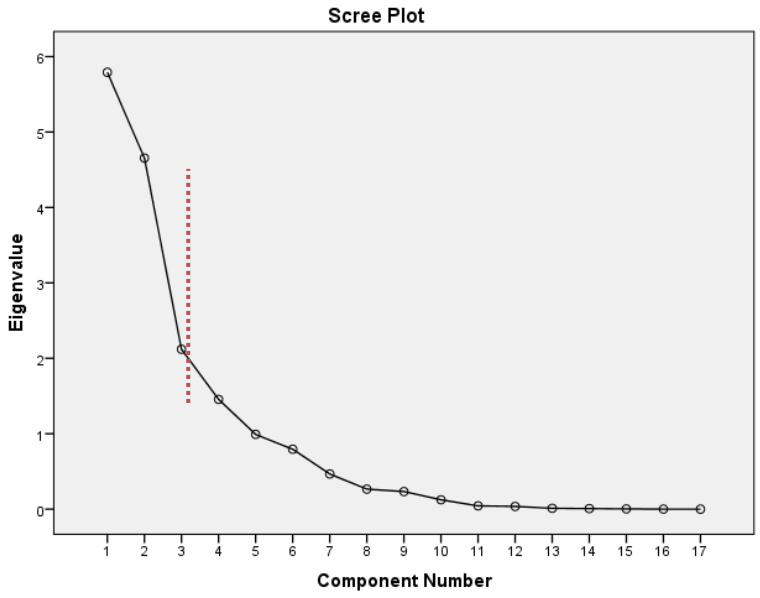
Ο αριθμός των παραγόντων που θα χρησιμοποιηθούν βρέθηκε από το scree plot (Σχήμα 4.24) όπου φαίνεται πως οι 4 πρώτοι παράγοντες είναι αυτοί που περιέχουν τις περισσότερες πληροφορίες καθώς και από το κριτήριο Kaiser σύμφωνα με το οποίο επιλέγονται όσες ιδιοτιμές είναι μεγαλύτερες από τη μονάδα και στην περίπτωσή μας είναι οι 4 πρώτες ιδιοτιμές (Πίνακας 4.14). Ακολούθησε η ορθογωνική περιστροφή (Varimax) των παραγόντων με σκοπό την επίτευξη καλύτερης ταυτοποίησης των μεταβλητών καθώς οι δύο πρώτες κύριες συνιστώσες είχαν υψηλά φορτία σε κοινές μεταβλητές και δεν ήταν δυνατή η ταυτοποίηση των παραγόντων.

Πίνακας 4.13. Ιδιαιτερότητες μεταβλητών.

Communalities

	Initial	Extraction
Zscore: Rank of Perimeter_P	1,000	0,980
Zscore: Rank of Area_A	1,000	0,979
Zscore: Rank of basin_length_Lb	1,000	0,973
Zscore: Rank of Elongation_ratio_Re	1,000	0,932
Zscore: Rank of Form_factor_Ff	1,000	0,930
Zscore: Rank of Circularity_ratio_Rc	1,000	0,893
Zscore: Rank of Basin_shape_Bs	1,000	0,656
Zscore: Rank of Basin_relief_H	1,000	0,887
Zscore: Rank of Relief_ratio_Rh	1,000	0,850
Zscore: Rank of Υψομ_Ολοκλ_Hi	1,000	0,442
Zscore: Rank of Assymetry_AF	1,000	0,040
Zscore: Rank of Compactness_coef_Cc	1,000	0,893
Zscore: Rank of Texture_ratio_Rt	1,000	0,951
Zscore: Rank of stream_length_Slu	1,000	0,950
Zscore: Rank of Stream_number_Nu	1,000	0,881
Zscore: Rank of Stream_Frequency_Fs	1,000	0,927
Zscore: Rank of Drainage_Density_Dd	1,000	0,857

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Σχήμα 4.24. Scree plot παραγόντων που προκύπτουν από τις 17 μορφομετρικές παραμέτρους.

Πίνακας 4.14. Συνολική διακύμανση που εξηγείται από το μοντέλο.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	**5,792**	34,070	34,070	5,792	34,070	34,070	5,686	33,450	33,450
2	**4,655**	27,381	61,451	4,655	27,381	61,451	4,450	26,177	59,627
3	**2,120**	12,470	73,921	2,120	12,470	73,921	2,400	14,116	73,743
4	**1,456**	8,563	**82,485**	1,456	8,563	82,485	1,486	8,742	82,485
5	0,991	5,831	88,316						
6	0,794	4,671	92,987						
7	0,466	2,741	95,728						
8	0,265	1,562	97,290						
9	0,233	1,372	98,662						
10	0,124	0,731	99,393						
11	0,043	0,256	99,649						
12	0,036	0,214	99,863						
13	0,012	0,068	99,931						
14	0,008	0,044	99,976						
15	0,004	0,022	99,997						
16	0,000	0,002	99,999						
17	0,000	0,001	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 33,45% της διακύμανσης του μοντέλου, η δεύτερη το 26,18%, η τρίτη το 14,12% και η τέταρτη το 8,74%. Συνολικά οι 4 πρώτες μαζί ερμηνεύουν το 82,49% της συνολικής διακύμανσης. Μετά την πέμπτη συνιστώσα ερμηνεύεται όλο και μικρότερο ποσοστό της διακύμανσης άρα οι υπόλοιπες κύριες συνιστώσες δεν παρέχουν κάποια επιπλέον πληροφορία.

Τέλος λαμβάνονται οι συντελεστές των παραγόντων ή επιβαρύνσεις (Πίνακας 4.15) για τους 4 παράγοντες που περιέχουν τις περισσότερες πληροφορίες.

Πίνακας 4.15. Οι συντελεστές παραγόντων >0,5 για τους 4 παράγοντες που προέκυψαν από την ανάλυση.

Rotated Component Matrix[a]

Zscore_rank_of	Component 1	2	3	4
P	0,959			
A	0,955			
Lb	0,941			
Re		0,943		
Ff		0,942		
Rc		0,898		
Bs		0,799		
H				0,613
Rh				0,808
Hi				0,644
AF				
Cc		0,899		
Rt			0,650	
Slu	0,963			
Nu	0,881			
Fs			0,933	
Dd			0,899	

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. Rotation converged in 4 iterations.

Η πρώτη κύρια συνιστώσα έχει υψηλές τιμές παραγοντικών φορτίων στις μεταβλητές: περίμετρος (P), εμβαδό (A), μήκος λεκάνης (Lb), μήκος (SLu) και αριθμός κλάδων (Nu) και μπορούν να ταυτοποιηθούν στον παράγοντα "Μέγεθος λεκάνης απορροής και υδρογραφικού δικτύου".

Η δεύτερη κύρια συνιστώσα έχει υψηλές τιμές παραγοντικών φορτίων στις μεταβλητές: λόγος επιμήκυνσης (Re), δείκτης μορφής (Ff), λόγος κυκλικότητας (Rc), δείκτης σχήματος (Bs) και

δείκτης συγκέντρωσης (Cc) και μπορούν να ταυτοποιηθούν στον παράγοντα "Γεωμετρία λεκάνης απορροής"

Η τρίτη κύρια συνιστώσα έχει υψηλά φορτία στις μεταβλητές: λόγος υδρογραφικής υφής (T), υδρογραφική συχνότητα (Fs) και υδρογραφική πυκνότητα (Dd) και μπορούν να ταυτοποιηθούν στον παράγοντα "Υδρογραφική υφή"

Τέλος η τέταρτη κύρια συνιστώσα έχει υψηλά φορτία στις μεταβλητές: ανάγλυφο (H), λόγος αναγλύφου (Rh) και υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi) και μπορούν να ταυτοποιηθούν στον παράγοντα "Ανάγλυφο λεκάνης απορροής".

Με την παραγοντική ανάλυση ταυτοποιήθηκαν 16 μεταβλητές σε 4 παράγοντες ενώ μια μεταβλητή (η ασυμμετρία) δεν ήταν αρκετά συσχετισμένη και ως εκ τούτου δεν εντάχθηκε σε κάποιο παράγοντα και εξαιρέθηκε από την περαιτέρω ανάλυση.

Οι παράγοντες μπορούν να εκφραστούν ως γραμμικός συνδυασμός των μεταβλητών (τιμή τυποποιημένης και βαθμονομημένης μεταβλητής (Πίνακας Π. 6), με βάση τα βάρη (scores) που πήραν αυτές (Πίνακας 4.16) και με τον τρόπο αυτό να ληφθεί μια τιμή για κάθε παράγοντα (παραγοντική τιμή ως μεταβλητή) και να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση που θα ακολουθήσει. Οι παράγοντες δηλαδή που εξηγούν τις συσχετίσεις των αρχικών μεταβλητών έχουν πλέον ποσοτικοποιηθεί. Για παράδειγμα μπορεί να γραφτεί πως F1=0,165*P+0,161*A+0,164*Lb-0,023*Re-0,023*Ff+0,057*Rc-0,008*Bs+0,139*H-0,040*Rh+0,011*Hi+0,021*Af+0,056*Cc+0,125*Rt+0,172*Slu+0,163*Nu+0,008*Fs-0,002*Dd. Από τις εξισώσεις αυτές για κάθε παράγοντα και κάθε λεκάνη προκύπτουν οι 4 πρώτες στήλες του πίνακα Π. 7 (F1, F2, F3 και F4).

Τα αποτελέσματα των γραμμικών αυτών συνδυασμών (παραγοντικές τιμές) βαθμονομήθηκαν εκ νέου με τον ίδιο τρόπο που βαθμονομήθηκαν στην αρχή οι μεταβλητές, δηλαδή η χαμηλότερη τιμή του κάθε παράγοντα, ως αποτέλεσμα των βαθμονομημένων χαμηλών τιμών από τις οποίες προέκυψε (η έντονη τεκτονική δραστηριότητα για όλες τις παραμέτρους είχε βαθμονομηθεί με 1), θα αντιστοιχεί σε έντονη τεκτονική δραστηριότητα και άρα θα πάρει την τιμή 1. Τα αποτελέσματα αυτά μετά την βαθμονόμηση φαίνονται στις στήλες R_F1, R_F2, R_F3 και R_F4 του πίνακα Π. 7.

Πίνακας 4.16. Εκτιμήσεις των παραμέτρων των επεξηγηματικών μεταβλητών.

Component Score Coefficient Matrix

	Component			
	1	2	3	4
Zscore: Rank of Perimeter_P	0,165	0,008	-0,071	0,004
Zscore: Rank of Area_A	0,161	-0,029	-0,075	-0,002
Zscore: Rank of basin_length_Lb	0,164	0,044	-0,054	-0,010
Zscore: Rank of Elongation_ratio_Re	-0,023	0,220	0,051	-0,042
Zscore: Rank of Form_factor_Ff	-0,023	0,220	0,050	-0,042
Zscore: Rank of Circularity_ratio_Rc	0,057	0,210	0,017	-0,035
Zscore: Rank of Basin_shape_Bs	-0,008	0,188	0,061	0,005
Zscore: Rank of Basin_relief_H	0,139	0,049	-0,006	0,432
Zscore: Rank of Relief_ratio_Rh	-0,040	0,017	0,045	0,533
Zscore: Rank of Υψομ_Ολοκλ_Hi	0,011	-0,060	-0,039	0,444
Zscore: Rank of Assymetry_AF	0,021	-0,028	0,016	0,079
Zscore: Rank of Compactness_coef_Cc	0,056	0,210	0,017	-0,037
Zscore: Rank of Texture_ratio_Rt	0,125	-0,029	0,282	-0,030
Zscore: Rank of stream_length_Slu	0,172	-0,002	0,057	-0,023
Zscore: Rank of Stream_number_Nu	0,163	-0,004	0,137	-0,015
Zscore: Rank of Stream_Frequency_Fs	0,008	0,017	0,395	-0,007
Zscore: Rank of Drainage_Density_Dd	-0,002	0,084	0,399	0,018

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Τέλος για να ελεγχθεί εάν τα βάρη που προέκυψαν από αυτή την παραγοντική ανάλυση οδήγησαν σε αξιόπιστα αποτελέσματα, έγινε έλεγχος αξιοπιστίας από τον οποίο προέκυψε πως ο συντελεστής Cronbach's Alpha Coefficient είναι μεταξύ 0,7-0,8 (Πίνακας 4.17) και τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά.

Πίνακας 4.17. Έλεγχος αξιοπιστίας με βάση το συντελεστή Cronbach's Alpha.

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	189	100,0
	Excluded[a]	0	,0
	Total	189	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,715	17

Από την παραγοντική ανάλυση προέκυψε η ομαδοποίηση των 17 μορφομετρικών δεικτών και παραμέτρων σε 4 παράγοντες οι οποίοι ονομάστηκαν ανάλογα με τις πληροφορίες που παρέχουν ως εξής:

1. "μέγεθος λεκάνης απορροής και υδρογραφικού δικτύου".
2. "γεωμετρία λεκάνης απορροής"
3. "υδρογραφική υφή"
4. "ανάγλυφο λεκάνης απορροής".

Οι 189 λεκάνες απορροής βαθμονομήθηκαν με βάση τις τιμές των ανωτέρω παραγόντων. Λεκάνες απορροής που είναι χαμηλότερα στην ιεραρχία σχετίζονται περισσότερο με την τεκτονική δραστηριότητα.

Ο πρώτος παράγοντας εξαιρέθηκε από την ανάλυση που ακολουθεί γιατί περιέχει γενικές μόνο πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος της λεκάνης απορροής και το υδρογραφικό δίκτυο. Σε παρόμοιες μελέτες, όπως για παράδειγμα του Argyriou, (2012) οι πληροφορίες αυτού του παράγοντα θεωρείται πως δεν παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την τεκτονική και ως εκ τούτου αυτός τίθεται εκτός ανάλυσης.

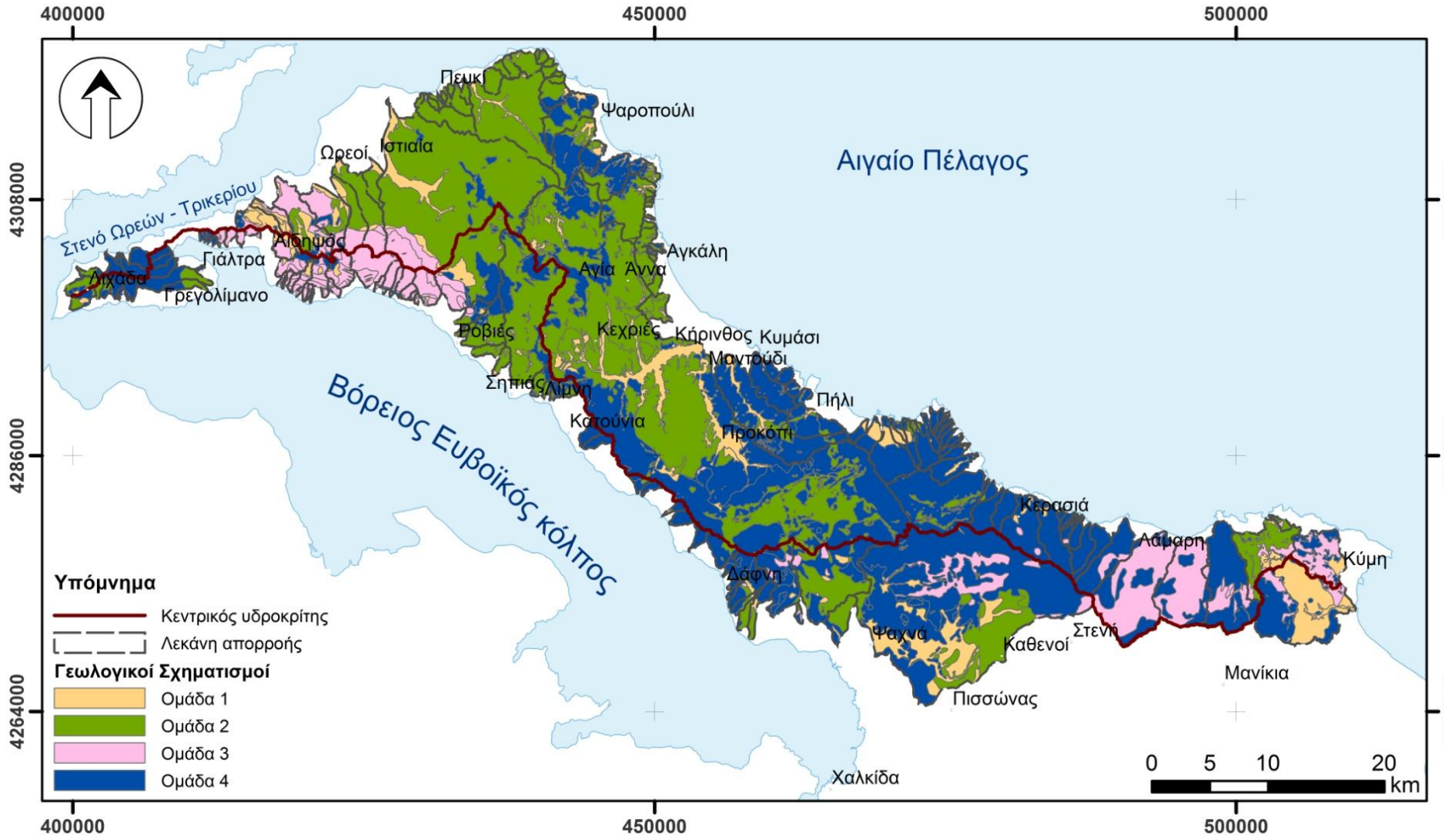
Αν και θα μπορούσαν να εξαχθούν άμεσα αποτελέσματα από την παραπάνω βαθμονόμηση, θα επιχειρηθεί η αναλυτική ιεράρχηση προκειμένου να ενσωματωθούν πληροφορίες που αφορούν τη γεωλογία και την διαπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών των λεκανών απορροής. Η μέθοδος αυτή που έχει εφαρμοστεί αρχικά από τον Argyriou, (2012), στην παρούσα μελέτη τροποποιείται με απευθείας χρήση των βαθμονομημένων παραγόντων πριν την παραγοντική ανάλυση, με εισαγωγή στην αναλυτική ιεράρχηση νέων μεταβλητών, ίσων με τις παραγοντικές τιμές (εσωτερικά βάρη στους παράγοντες) και με εφαρμογή βαρών μέσω της διαδικασίας της αναλυτικής ιεράρχησης σε ομαδοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς.

4.3.5 Ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών με βάση τη ανθεκτικότητα και τη διαπερατότητά τους

Στο σημείο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να ταξινομηθούν οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης σε τέσσερις κατηγορίες με βάση την σχετική τους ανθεκτικότητα στις διαβρωτικές διεργασίες και τη διαπερατότητά τους. Στη συνέχεια (στο παρόν κεφάλαιο και στο κεφάλαιο 6) θα διερευνηθεί η επίδραση των διαφόρων λιθολογικών τύπων στο σχήμα και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών, οπότε μια τέτοιου τύπου ταξινόμηση είναι απαραίτητη. Η πρώτη ομάδα γεωλογικών σχηματισμών περιλαμβάνει επιφανειακές χαλαρές αποθέσεις μεγάλης διαπερατότητας, όπως αλλουβιακές αποθέσεις, κώνους κορημάτων και

ημι-συνεκτικούς κώνους κορημάτων. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει μικρής διαπερατότητας ευδιάβρωτους γεωλογικούς σχηματισμούς όπως μάργες, ψαμμίτες, πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και τραβερτίνη. Στην τρίτη ομάδα ανήκουν πετρώματα μέτριας ανθεκτικότητας και μικρής διαπερατότητας όπως σχιστόλιθοι και φυλλίτες ενώ η τέταρτη ομάδα αποτελείται από ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα μεγάλης διαπερατότητας, όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, γραουβάκες, συνεκτικοποιημένα κροκαλοπαγή, οφιόλιθοι, περιδοτίτες και χαλαζίτες (Σχήμα 4.25).

Η σχετική συμμετοχή καθενός από τους τέσσερις κύριους λιθολογικούς τύπους που απαντώνται στην περιοχή μελέτης υπολογίστηκε ως ποσοστό επί της συνολικής επιφάνειας της κάθε λεκάνης φαίνεται στον πίνακα Π. 1.



Σχήμα 4.25. Απλοποιημένος λιθολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

(ομάδα 1:επιφανειακές χαλαρές αποθέσεις όπως αλλουβιακές προσχώσεις, πρόσφατοι κώνοι κορημάτων και ημι-συνεκτικοί κώνοι κορημάτων, ομάδα 2: ευδιάβρωτοι γεωλογικοί σχηματισμοί όπως μάργες, ψαμμίτες, πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και τραβερτίνης, ομάδα 3: πετρώματα μέτριας ανθεκτικότητας όπως σχιστόλιθοι και φυλλίτες, ομάδα 4: ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, γραουβάκες, συνεκτικοποιημένα κροκαλοπαγή, οφιόλιθοι, περιδοτίτες και χαλαζίτες).

Σε συνέχεια της ομαδοποίησης των γεωλογικών σχηματισμών, για να μπορούν να συγκριθούν πιο εύκολα οι λεκάνες απορροής μεταξύ τους, επιχειρήθηκε η ανάλυση αυτών κατά συστάδες. Αρχικά τα δεδομένα ελέγχθηκαν με τη χρήση των περιγραφικών μέτρων και επειδή δεν υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις, χρησιμοποιήθηκαν χωρίς κανονικοποίηση. Λόγω του μεγάλου συνόλου δεδομένων, επιλέχθηκε η μη ιεραρχική μέθοδος k-means, ένας διαδεδομένος αλγόριθμος ο οποίος ελαχιστοποιεί την Ευκλείδεια απόσταση ανάμεσα στις παρατηρήσεις και στα κέντρα των ομάδων (Ηλιοπούλου, 2015). Με αυτόν τον επαναληπτικό αλγόριθμο διαμέρισης μοιράζονται οι παρατηρήσεις σε συστάδες ανάλογα με την απόστασή τους από τα κέντρα όλων των ομάδων (Πραμαγγιούλης, 2008). Η μέθοδος ξεκινά με έναν προκαθορισμένο αριθμό συστάδων. Για να βρεθεί ο αριθμός αυτός, εφαρμόστηκε ιεραρχική ταξινόμηση κατά την οποία η διαδικασία σταμάτησε στο 186^{ο} βήμα όπου η απόσταση μεγαλώνει απότομα (από 86376,4 σε 129031,7) και άρα οι συστάδες που πρέπει να φτιαχτούν είναι 4 (=189-185).

Οι τέσσερις συστάδες που προέκυψαν ως αποτέλεσμα του αλγορίθμου k-means φαίνονται αναλυτικά για κάθε λεκάνη απορροής στον πίνακα Π. 2. Στην πρώτη συστάδα ανήκουν 8 λεκάνες, στη δεύτερη ανήκουν 58, στην τρίτη 33 και στην τέταρτη 90 λεκάνες απορροής (Πίνακας 4.18). Μελετώντας τα κέντρα των τελικών συστάδων στον πίνακα 4.18 και γραφικά στο σχήμα 4.26, γίνεται φανερό πως η πρώτη συστάδα έχει ένα μέσο ποσοστό από την πρώτη ομάδα των γεωλογικών σχηματισμών που είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που έχουν οι άλλες συστάδες. Η δεύτερη συστάδα έχει ένα μέσο ποσοστό από τη δεύτερη ομάδα των γεωλογικών σχηματισμών που είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που έχουν οι άλλες, η τρίτη συστάδα έχει μεγαλύτερο ποσοστό από την τρίτη ομάδα των γεωλογικών σχηματισμών και τέλος η τέταρτη συστάδα αποτελείται κυρίως από λεκάνες που ανήκουν στην τέταρτη ομάδα γεωλογικών σχηματισμών. Με τον τρόπο αυτό οι λεκάνες απορροής ομαδοποιήθηκαν με βάση το γεωλογικό σχηματισμό που επικρατεί στην επιφανειακή της έκταση (έχει δηλαδή το μεγαλύτερο ποσοστό στη λεκάνη).

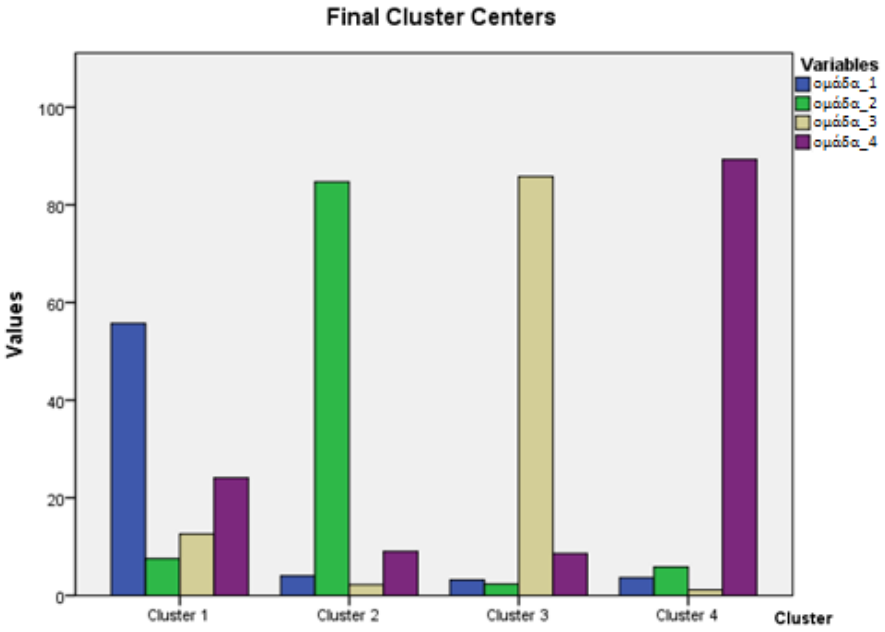
Πίνακας 4.18. Αποτελέσματα μεθόδου ανάλυσης κατά συστάδες k-means. Στον πίνακα αριστερά φαίνονται τα κέντρα των συστάδων και δεξιά το αριθμός των λεκανών που εντάχθηκε σε κάθε συστάδα.

Final Cluster Centers

	Cluster			
	1	2	3	4
ομάδα_1	55,734	4,025	3,181	3,657
ομάδα_2	7,551	84,736	2,379	5,824
ομάδα_3	12,582	2,216	85,801	1,170
ομάδα_4	24,141	9,013	8,631	89,335

Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	8,000
	2	58,000
	3	33,000
	4	90,000
Valid		189,000
Missing		0,000



Σχήμα 4.26. Ραβδόγραμμα στο οποίο απεικονίζεται η απόσταση κάθε ομάδας γεωλογικών σχηματισμών από το κέντρο της συστάδας στην οποία ανήκει.

4.3.6 Αποτελέσματα Αναλυτικής Ιεράρχησης

Με τη διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχηση επιχειρείται η ομαδοποίηση των λεκανών απορροής με βάση την τεκτονική δραστηριότητα που έχουν δεχτεί, με τη χρήση των τιμών των παραγόντων που προέκυψαν κατά την παραγοντική ανάλυση και με τους συντελεστές βαρύτητας που θα αποδοθούν με κριτήριο τη γεωλογία και τη διαπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών που επικρατούν σε κάθε λεκάνη.

Οι βαθμονομημένες τιμές των 3 παραγόντων που χρησιμοποιήθηκαν στην αναλυτική ιεράρχηση καθώς και οι συντελεστές βαρύτητας που προέκυψαν φαίνονται στον πίνακα Π. 8.

Ο υπολογισμός σε στάδια (α, β-γ, δ) και ο έλεγχος των λογικών σφαλμάτων μέσω του υπολογισμού του λόγου συνέπειας CR, στηρίζεται στη μεθοδολογία που περιγράφεται στην παράγραφο 4.2.3 παραπάνω.

Αναλυτικά, η διαδικασία ξεκινάει με τη σύγκριση των μεταβλητών ανά ζεύγη, δηλαδή οι τρεις παράγοντες συγκρίνονται ανά δύο και οι συντελεστές βαρύτητας υπολογίζονται για κάθε μια συστάδα λεκανών απορροής (αυτές δημιουργήθηκαν στην παράγραφο 4.3.5). Ακολούθησε ο έλεγχος λογικών σφαλμάτων για κάθε πίνακα συγκρίσεων όπου διαπιστώθηκε πως σε όλες τις περιπτώσεις αυτός είναι μικρότερος του 0,1 οπότε οι πίνακες είναι συνεπείς.

Κατά τη διεξαγωγή των συγκρίσεων των παραγόντων, τα χαρακτηριστικά κάθε συστάδας καθόρισαν το βαθμό σημαντικότητας που αποδόθηκε. Για παράδειγμα σε ένα χαλαρό σχηματισμό με μικρή διαπερατότητα, η υδρογραφική υφή θα είναι μεγαλύτερης σημασίας από το ανάγλυφο, ενώ αντίθετα σε ένα ανθεκτικό και διαπερατό πέτρωμα, ο παράγοντας ανάγλυφο λεκάνης θα είναι ο κύριος στην ανάπτυξη και διαμόρφωση των μορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης.

Παρακάτω φαίνεται αναλυτικά ο βαθμός σημαντικότητας ανά συστάδα, ο υπολογισμός συντελεστών βαρύτητας και ο υπολογισμός των λογικών σφαλμάτων.

1. $1^{η}$ συστάδα λεκανών απορροής αποτελούμενες από επιφανειακές χαλαρές αποθέσεις μεγάλης διαπερατότητας (Πίνακας 4.19).

   Στη συστάδα αυτή το ανάγλυφο επικρατεί των παραγόντων γεωμετρία λεκάνης και υδρογραφική υφή λόγω μεγάλης διαπερατότητας (πολύ ισχυρά σημαντικότερο και παίρνει την τιμή 5 στον πίνακα συγκρίσεων) και η υδρογραφική υφή κρίνεται ίσης σπουδαιότητας με τον παράγοντα γεωμετρία λεκάνης λόγω του ότι πρόκειται για επιφανειακές χαλαρές αποθέσεις (παίρνει την τιμή 1 στο πίνακα συγκρίσεων).

Πίνακας 4.19. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για την πρώτη συστάδα λεκανών απορροής.

Στάδιο α

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	1	0,2
Παράγοντας 3	1	1	0,2
Παράγοντας 4	5	5	1
Άθροισμα	**7**	**7**	**1,4**

Στάδιο β-γ

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4	Άθροισμα
Παράγοντας 2	0,143	0,143	0,143	**0,429**
Παράγοντας 3	0,143	0,143	0,143	**0,429**
Παράγοντας 4	0,714	0,714	0,714	**2,143**

Στάδιο δ

Παράγοντες	Σ.Β
Παράγοντας 2	**0,1429**
Παράγοντας 3	**0,1429**
Παράγοντας 4	**0,7143**

Υπολογισμός CR

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	1	0,2
Παράγοντας 3	1	1	0,2
Παράγοντας 4	5	5	1

W	WV
0,1429	0,4286
0,1429	0,4286
0,7143	2,1429

	C	λ	CI	CR
Παράγοντας 2	3	3	0	0
Παράγοντας 3	3			
Παράγοντας 4	3			
Άθροισμα	**9**			

WV : διάνυσμα σταθμισμένου αθροίσματος
W : βάρος
C : διανυσματική συνοχή
λ : μέγιστη ιδιοτιμή
CI : δείκτης συνέπειας
CR : λόγος συνέπειας

2. 2η συστάδα λεκανών απορροής αποτελούμενες από μικρής διαπερατότητας ευδιάβρωτους γεωλογικούς σχηματισμούς (Πίνακας 4.20).

Στη συστάδα αυτή, λόγω μικρής διαπερατότητας, οι παράγοντες γεωμετρία λεκάνης και υδρογραφική υφή επικρατούν του αναγλύφου (πολύ ισχυρά σημαντικότερες και παίρνουν την τιμή 5 στον πίνακα συγκρίσεων) και είναι μεταξύ τους ίσης σπουδαιότητας (τιμή 1 στον πίνακα) λόγω του ότι πρόκειται για ευδιάβρωτους σχηματισμούς.

Πίνακας 4.20. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για τη δεύτερη συστάδα λεκανών απορροής.

Στάδιο α

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	1	5
Παράγοντας 3	1	1	5
Παράγοντας 4	0,2	0,2	1
Άθροισμα	**2,2**	**2,2**	**11**

Στάδιο β-γ

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4	Άθροισμα
Παράγοντας 2	0,455	0,455	0,455	**1,364**
Παράγοντας 3	0,455	0,455	0,455	**1,364**
Παράγοντας 4	0,091	0,091	0,091	**0,273**

Στάδιο δ

Παράγοντες	Σ.Β
Παράγοντας 2	**0,4545**
Παράγοντας 3	**0,4545**
Παράγοντας 4	**0,0909**

Υπολογισμός CR

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	1	5
Παράγοντας 3	1	1	5
Παράγοντας 4	0,2	0,2	1

W	WV
0,455	1,3636
0,455	1,3636
0,091	0,2727

	C	λ	CI	CR
Παράγοντας 2	3	3	0	0
Παράγοντας 3	3			
Παράγοντας 4	3			
άθροισμα	**9**			

WV : διάνυσμα σταθμισμένου αθροίσματος
W : βάρος
C : διανυσματική συνοχή
λ : μέγιστη ιδιοτιμή
CI : δείκτης συνέπειας
CR : λόγος συνέπειας

3. 3η συστάδα λεκανών απορροής αποτελούμενες από πετρώματα μέτριας ανθεκτικότητας / μικρής διαπερατότητας (Πίνακας 4.21).

Στην εν λόγω συστάδα και πάλι οι παράγοντες γεωμετρία και υδρογραφική υφή επικρατούν του αναγλύφου εξαιτίας της μικρής διαπερατότητας (πολύ ισχυρά σημαντικότερες και παίρνουν την τιμή 5 στον πίνακα συγκρίσεων) αλλά η μέτρια ανθεκτικότητα κάνει τη γεωμετρία της λεκάνης λίγο σπουδαιότερη της υδρογραφικής υφής (παίρνει την τιμή 2 στον πίνακα συγκρίσεων).

Πίνακας 4.21. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για την τρίτη συστάδα λεκανών απορροής.

Στάδιο α

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	2	5
Παράγοντας 3	0,5	1	5
Παράγοντας 4	0,2	0,2	1
Άθροισμα	**1,7**	**3,2**	**11**

Στάδιο β-γ

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4	Άθροισμα
Παράγοντας 2	0,588	0,625	0,455	**1,668**
Παράγοντας 3	0,294	0,313	0,455	**1,061**
Παράγοντας 4	0,118	0,063	0,091	**0,271**

Στάδιο δ

Παράγοντες	Σ.Β
Παράγοντας 2	**0,5559**
Παράγοντας 3	**0,3537**
Παράγοντας 4	**0,0904**

Υπολογισμός CR

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	2	5
Παράγοντας 3	0,5	1	5
Παράγοντας 4	0,2	0,2	1

W	WV
0,5559	1,7151
0,3537	1,0834
0,0904	0,2723

	C	λ	CI	CR
Παράγοντας 2	3,0852	3,0539	0,03	0,05
Παράγοντας 3	3,0630			
Παράγοντας 4	3,0136			
Άθροισμα	**9,1617**			

WV : διάνυσμα σταθμισμένου αθροίσματος
W : βάρος
C : διανυσματική συνοχή
λ : μέγιστη ιδιοτιμή
CI : δείκτης συνέπειας
CR : λόγος συνέπειας

4. 4η συστάδα λεκανών απορροής αποτελούμενες από ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα μεγάλης διαπερατότητας (Πίνακας 4.22).

Στην τελευταία συστάδα λόγω μεγάλης διαπερατότητας επικρατεί ο παράγοντας ανάγλυφο (πολύ ισχυρά σημαντικότερος και παίρνει την τιμή 5 στον πίνακα συγκρίσεων) έναντι των άλλων δύο και ο παράγοντας γεωμετρία προηγείται ελαφρά σε σπουδαιότητα (παίρνει την τιμή 2 στον πίνακα συγκρίσεων) της υδρογραφικής υφής λόγω της ανθεκτικότητας των γεωλογικών σχηματισμών.

Πίνακας 4.22. Συγκρίσεις κατά ζεύγη και έλεγχος λογικών σφαλμάτων για την τέταρτη συστάδα λεκανών απορροής.

Στάδιο α

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	2	0,2
Παράγοντας 3	0,5	1	0,2
Παράγοντας 4	5	5	1
Άθροισμα	**6,5**	**8**	**1,4**

Στάδιο β-γ

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4	Άθροισμα
Παράγοντας 2	0,154	0,250	0,143	**0,547**
Παράγοντας 3	0,077	0,125	0,143	**0,345**
Παράγοντας 4	0,769	0,625	0,714	**2,109**

Στάδιο δ

Παράγοντες	Σ.Β
Παράγοντας 2	**0,1822**
Παράγοντας 3	**0,1149**
Παράγοντας 4	**0,7028**

Υπολογισμός CR

	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3	Παράγοντας 4
Παράγοντας 2	1	2	0,2
Παράγοντας 3	0,5	1	0,2
Παράγοντας 4	5	5	1

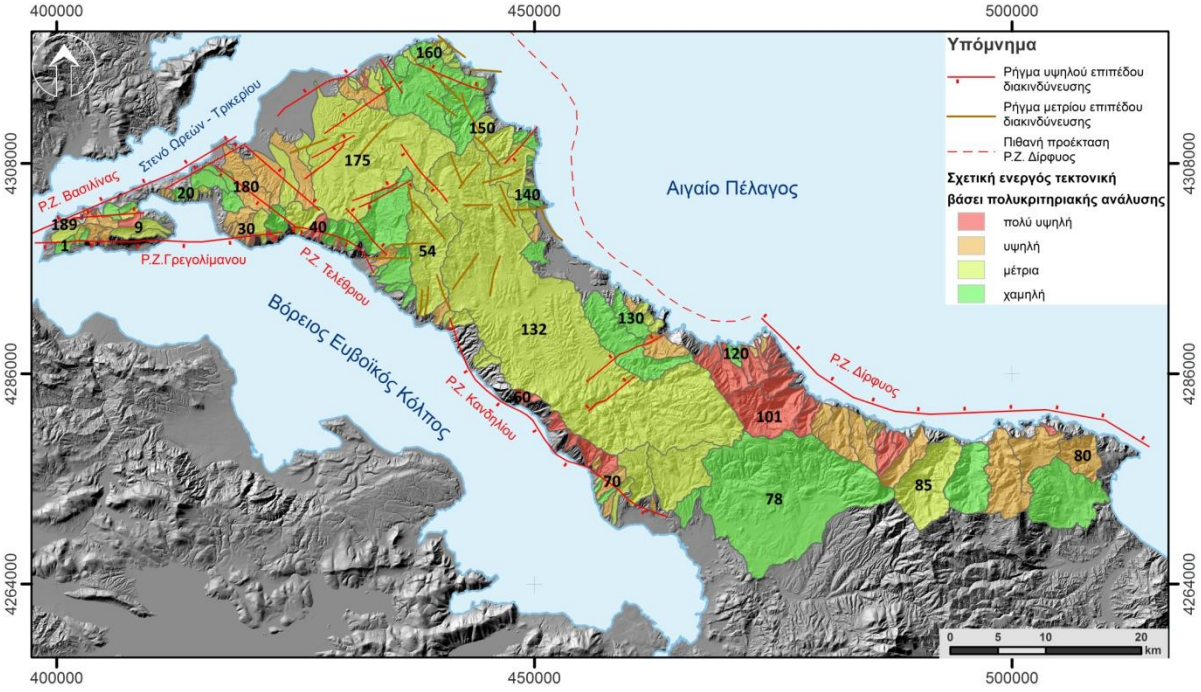
W	WV
0,1822	0,5527
0,1149	0,3466
0,7028	2,1886

	C	λ	CI	CR
Παράγοντας 2	3,0327	3,0542	0,0271	0,0467
Παράγοντας 3	3,0159			
Παράγοντας 4	3,1140			
Άθροισμα	**9,1626**			

WV : διάνυσμα σταθμισμένου αθροίσματος
W : βάρος
C : διανυσματική συνοχή
λ : μέγιστη ιδιοτιμή
CI : δείκτης συνέπειας
CR : λόγος συνέπειας

Εφόσον εξασφαλίστηκε η συνέπεια των συντελεστών βαρύτητας που υπολογίστηκαν και με δεδομένο πως το άθροισμά τους ισούται με τη μονάδα, η νέα τελική ιεράρχηση των λεκανών απορροής προκύπτει ως το γινόμενο των βαθμονομημένων παραγόντων που προέκυψαν από την παραγοντική ανάλυση (παράγραφος 4.3.4) και του αντίστοιχου συντελεστή βαρύτητας, όπως φαίνεται στον πίνακα Π. 8. Οι χαμηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε υψηλότερη σχετική επιρροή από τη δράση της τεκτονικής, οπότε ταξινομώντας σε 4 κατηγορίες οι λεκάνες μπορούν να διακριθούν σε αυτές που οφείλουν την ανάπτυξή του σε πολύ έντονη τεκτονική

δραστηριότητα, σε έντονη, σε μέτρια και χαμηλή τεκτονική δραστηριότητα όπως φαίνεται στο σχήμα 4.27 .

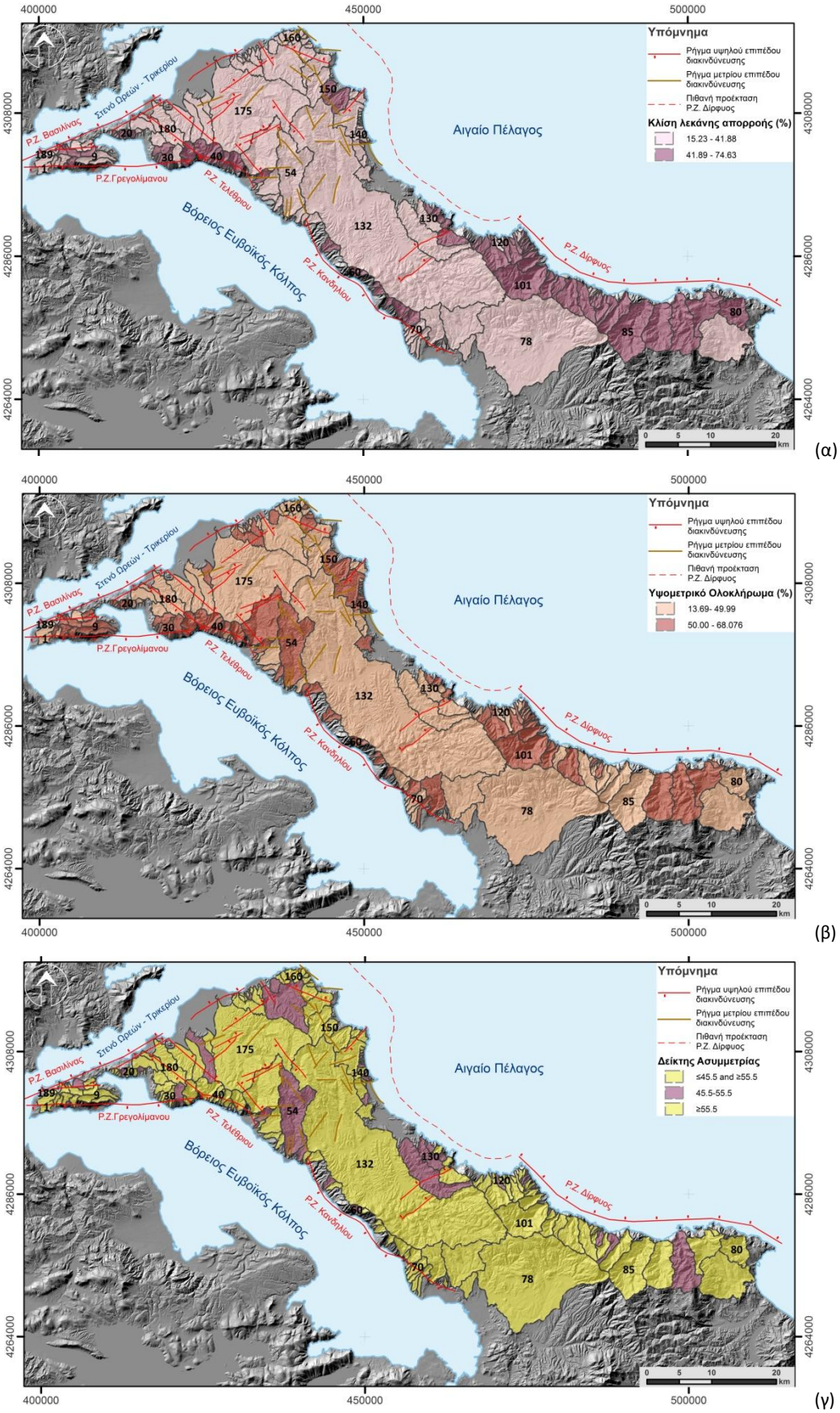


Σχήμα 4.27. Βαθμονόμηση των λεκανών απορροής ως προς τη σχετική ενεργό τεκτονική που έχουν δεχτεί στη διαμόρφωσή τους, όπως προέκυψαν από την πολυκριτηριακή ανάλυση. Τα ρήγματα βασίζονται στον τεκτονικό χάρτη της περιοχής μελέτης (Σχήμα 2.13).

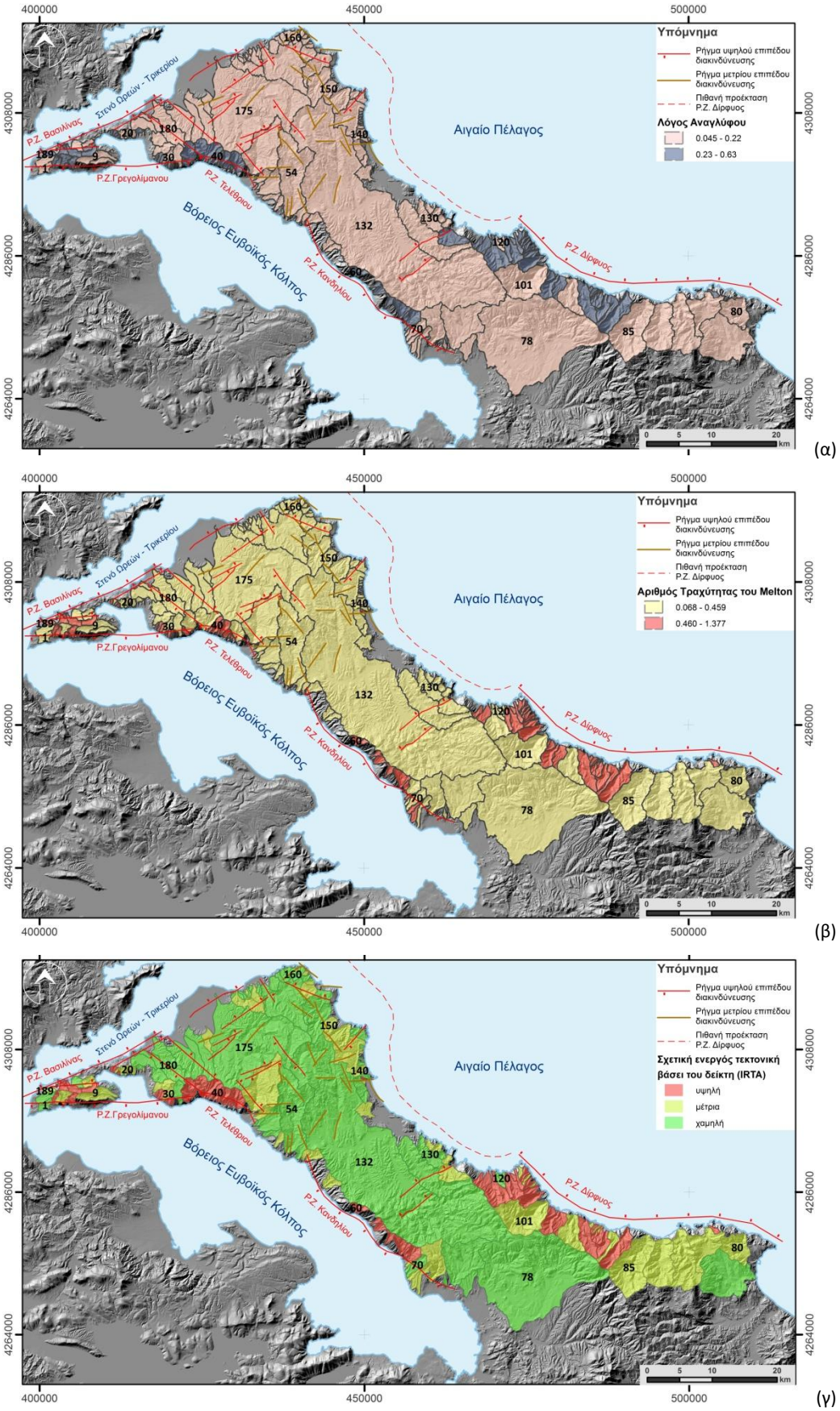
4.3.7 Υπολογισμός της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας μέσω του υπολογισμού του σύνθετου δείκτη IRTA (Δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής)

Κατά το αρχικό στάδιο της διαδικασίας υπολογισμού του σύνθετου δείκτη IRTA, μετά τον υπολογισμό των πέντε παραμέτρων που χρησιμοποιούνται (παράγραφοι 4.2.2.2 και 4.3.2), κάθε μία από αυτές, ταξινομείται σε δύο τάξεις με βάση τις τιμές που υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής. Πιο αναλυτικά, αναφορικά με την παράμετρο κλίση, στην πρώτη τάξη περιλαμβάνονται λεκάνες με τιμές Sb≤41,88 % ενώ οι λεκάνες της δεύτερης τάξης έχουν τιμές κλίσης Sb>41,88 % (41,88% είναι η μέση τιμή κλίσης των 189 λεκανών απορροής) (Σχήμα 4.28α). Οι τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος που υπολογίστηκαν, κυμαίνονται από 13,69% έως 68,07%, και μετά την ομαδοποίησή τους, η πρώτη τάξη περιλαμβάνει λεκάνες με Hi<50 ενώ η δεύτερη λεκάνες με μεγάλες τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος Hi≥50 (Σχήμα 4.28β). Οι λεκάνες απορροής επίσης ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με τις τιμές του δείκτη ασυμμετρίας, οι οποίες κυμαίνονται από 15,48 έως 87,22: η πρώτη τάξη (1) αφορά λεκάνες με τιμές μεταξύ 45,5<Af<55,5, ενώ η δεύτερη τάξη περιλαμβάνει λεκάνες με τιμές εκτός του ανωτέρω εύρους,

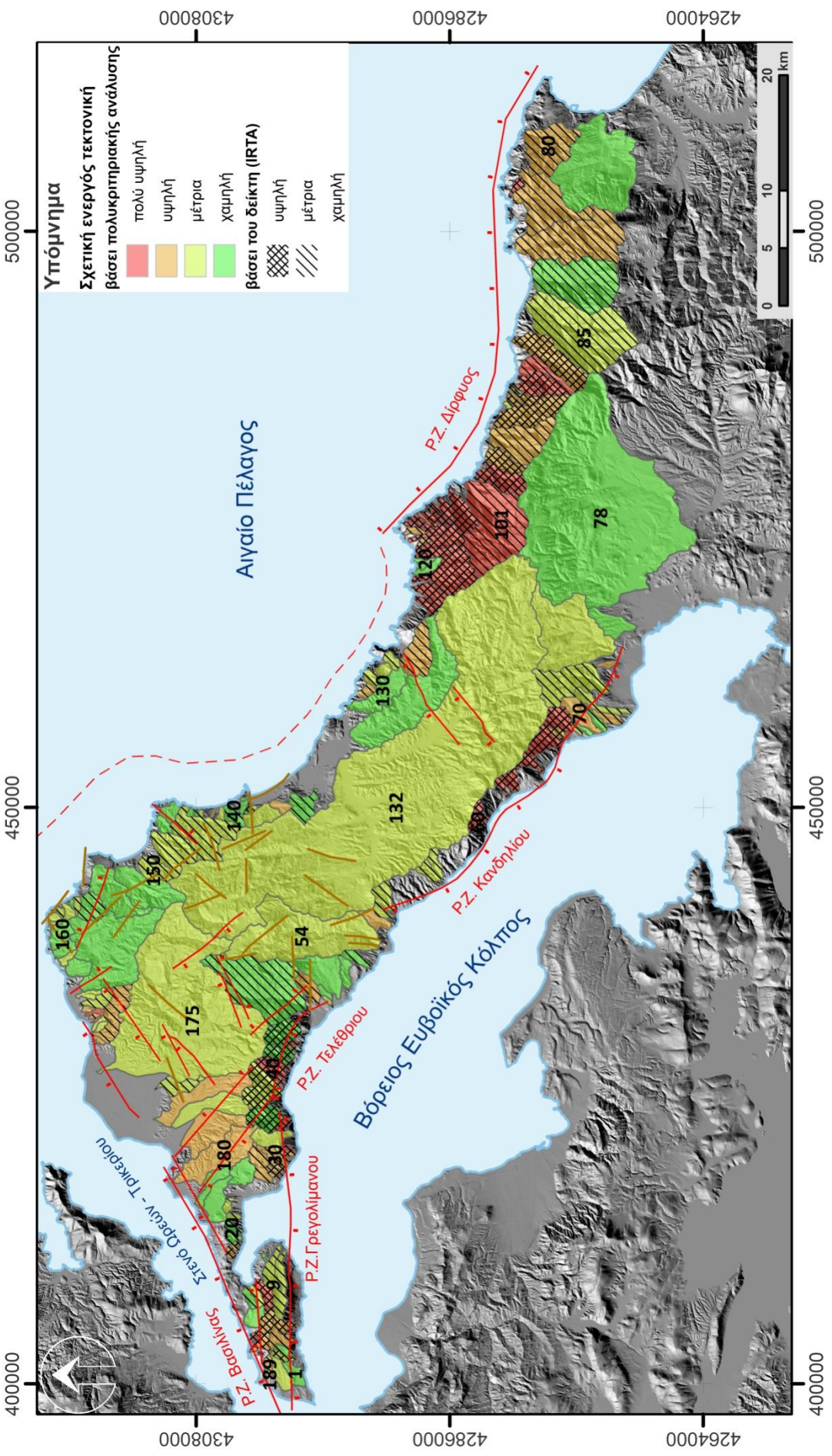
Af≥55,5 και Af≤45,5 (Σχήμα 4.28γ). Οι λεκάνες ταξινομήθηκαν και με βάση τις τιμές του λόγου αναγλύφου: η τάξη 1 περιλαμβάνει λεκάνες με Rh≤0.22 και η τάξη 2 περιλαμβάνει λεκάνες με Rh>0.22 (0.22 είναι η μέση τιμή για το σύνολο των 189 λεκανών απορροής) (Σχήμα 4.29α). Τέλος οι λεκάνες απορροής χωρίστηκαν σε δύο τάξεις ανάλογα με τις τιμές της παραμέτρου αριθμός τραχύτητας του Melton με την τάξη 1 να περιλαμβάνει λεκάνες με M≤0,459 και την τάξη 2 να περιλαμβάνει λεκάνες με M>0,459 (0,459 είναι η μέση τιμή για το σύνολο των 189 λεκανών απορροής) (Σχήμα 4.29β). Στο δεύτερο στάδιο, μετά την ταξινόμηση των παραμέτρων, αυτές συνδυάστηκαν για την ποσοτικοποίηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής και προέκυψαν οι τιμές του νέου σύνθετου δείκτη. Με βάση τις τιμές του δείκτη IRTA, οι λεκάνες απορροής χωρίστηκαν σε 3 τάξεις σχετικής πρόσφατης τεκτονικής δραστηριότητας: η τάξη 1 (1≤IRTA≤1,2) χαρακτηρίζει λεκάνες που τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά δείχνουν να έχουν επηρεαστεί από μικρή τεκτονική δραστηριότητα, η τάξη 2 (1,2<IRTA≤1,6) περιλαμβάνει λεκάνες επηρεασμένες από μέτρια τεκτονική δραστηριότητα και η τάξη 3 (1,6<IRTA≤2) αποτελείται από λεκάνες τα χαρακτηριστικά των οποίων έχουν επηρεαστεί έντονα από την τεκτονική. Η ανάλυση έδειξε πως το 68% της έκτασης των λεκανών απορροής ανήκει στην πρώτη τάξη, το 23% ανήκει στην δεύτερη τάξη και μόλις το 9% ανήκει στην τρίτη. Τα αποτελέσματα της παραπάνω ταξινόμησης εμφανίζονται στο σχήμα 4.29γ όπου φαίνεται πως η κατανομή των τιμών του νέου δείκτη IRTA αντανακλά το τεκτονικό καθεστώς της περιοχής μελέτης. Οι τιμές του δείκτη φανερώνουν χαμηλή επίδραση από την τεκτονική για τις λεκάνες που έχουν υποστεί στρέψη προς το ρήγμα της Δίρφυος, όπως επίσης και για τις λεκάνες που βρίσκονται μεταξύ των δύο επιμέρους τμημάτων της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου-Τελέθριου. Αντίθετα, οι λεκάνες που αναπτύσσονται στα ανυψούμενα τεμάχη των ρηγμάτων έχουν μικρή έκταση, μεγάλες μορφολογικές κλίσεις ενώ χαρακτηρίζονται από ένα τραχύ ανάγλυφο και ανήκουν στις κατηγορίες των λεκανών που έχουν επηρεαστεί σε μέτριο προς υψηλό βαθμό από τη ρηγματογόνο τεκτονική δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης βάσει του υπολογισμού του δείκτη σχετικής ενεργού τεκτονικής (IRTA) (Σχήμα 4.29γ) είναι σε πολύ καλή συμφωνία με την αντίστοιχη ταξινόμηση που έγινε βάσει της πολυκριτηριακής ανάλυσης (Σχήμα 4.27), όπως φαίνεται στο συγκριτικό χάρτη του σχήματος 4.30. Και οι δύο προσεγγίσεις φανερώνουν πως η γεωμετρία και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής που αναπτύσσονται στα ανυψούμενα τεμάχη των ρηγμάτων είναι ενδεικτικά της τεκτονικής ανύψωσης.



Σχήμα 4.28. Χωρική κατανομή (α) των τιμών της παραμέτρου της κλίσης (%) των κλιτύων των λεκανών απορροής, (β) των τιμών του υψομετρικού ολοκληρώματος και (γ) των τιμών του δείκτη ασυμμετρίας, στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 4.29. Χωρική κατανομή (α) των τιμών του λόγου αναγλύφου, (β) των τιμών του αριθμού τραχύτητας του Melton και (γ) των τιμών του δείκτη IRTA, στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 4.30. Βαθμονόμηση των λεκανών απορροής ως προς τη σχετική επίδραση της ενεργού τεκτονικής στη διαμόρφωσή τους, όπως προέκυψαν από τις δύο μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν: την πολυκριτηριακή ανάλυση και τον υπολογισμό του σύνθετου δείκτη IRTA. Τα ρήγματα βασίζονται στον τεκτονικό χάρτη της περιοχής μελέτης (Σχήμα 2.13).

4.4 Συζήτηση - Καθορισμός ζωνών υψηλής έως πολύ υψηλής σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης

Στο κεφάλαιο αυτό, αφού αποτυπώθηκαν τα υδρογραφικά δίκτυα και σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης, έγινε αρίθμηση των δικτύων και υπολογίστηκαν αρκετές άμεσα μετρούμενες αλλά και υπολογιζόμενες παράμετροι των ποτάμιων συστημάτων. Τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης σχολιάστηκαν για τις διάφορες λεκάνες απορροής και ακολούθως, ορισμένες παράμετροι βάσει της μεθοδολογίας, χρησιμοποιήθηκαν στην πολυκριτηριακή ανάλυση της νεοτεκτονικής δραστηριότητας σε περιφερειακή κλίμακα. Επιπλέον, ορισμένες άλλες παράμετροι συνεκτιμήθηκαν μέσω ενός νέου δείκτη σχετικής ενεργού τεκτονικής (IRTA) οδηγώντας σε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Συνοπτικά, οι 189 επιλεγμένες λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης, συγκρίθηκαν σε περιφερειακή κλίμακα, με βάση τους γεωμορφολογικούς δείκτες και παραμέτρους και ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με την τεκτονική δραστηριότητα που έχει επηρεάσει τη διαμόρφωσή τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο εντοπίστηκαν οι λεκάνες απορροής που έχουν δεχτεί την μεγαλύτερη επίδραση για να αναλυθούν περαιτέρω σε τοπική κλίμακα.

Η σύγκριση έγινε με τη χρήση 17 καλά συσχετιζόμενων μεταξύ τους ποσοτικών γεωμορφολογικών δεικτών και παραμέτρων, ήτοι η περίμετρος (P), το εμβαδό (A), το μήκος λεκάνης (Lb), ο λόγος επιμήκυνσης (Re), ο δείκτης μορφής (Ff), ο λόγος κυκλικότητας (Rc), ο δείκτης σχήματος (Bs), το ανάγλυφο (H), ο λόγος αναγλύφου (Rh), το υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi), η ασυμμετρία (Af), ο δείκτης συγκέντρωσης (Cc), ο λόγος υδρογραφικής υφής (T), το μήκος υδρογραφικού δικτύου (SLu), ο αριθμός κλάδων (Nu), η υδρογραφική συχνότητα (Fs) και η υδρογραφική πυκνότητα (Dd). Οι παράμετροι αυτές αρχικά ομαδοποιήθηκαν με ανάλυση κύριων συνιστωσών (παραγοντική ανάλυση) και στη συνέχεια αντιπροσωπεύθηκαν από τέσσερις παράγοντες ανεξάρτητους μεταξύ τους. Οι παράγοντες αυτοί είναι: 1) το μέγεθος της λεκάνης απορροής και του υδρογραφικού δικτύου, 2) η γεωμετρία της λεκάνης απορροής, 3) η υδρογραφική υφή και 4) το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής και περιέχουν ισχυρή πληροφόρηση σχετικά με τα χαρακτηριστικά των αρχικών δεικτών (το όνομα του κάθε παράγοντα δείχνει αυτό που εκφράζει). Ο πρώτος παράγοντας καθορίζεται από τις παραμέτρους περίμετρος (P), εμβαδό (A), μήκος λεκάνης (Lb), μήκος κλάδων υδρογραφικού

δικτύου(SLu), αριθμός κλάδων (Nu), ο δεύτερος καθορίζεται από τις παραμέτρους λόγος επιμήκυνσης (Re), δείκτης μορφής (Ff), λόγος κυκλικότητας (Rc), δείκτης σχήματος (Bs), δείκτης συγκέντρωσης (Cc), ο τρίτος παράγοντας καθορίζεται από τους παράγοντες υδρογραφική συχνότητα (Fs), υδρογραφική πυκνότητα (Dd), λόγος υδρογραφικής υφής (T) και τέλος ο τέταρτος παράγοντας καθορίστηκε από το ανάγλυφο (H), το λόγο αναγλύφου (Rh) και το υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi), ενώ η παράμετρος ασυμμετρία (AF) δεν ενσωματώθηκε σε κάποιον παράγοντα.

Ακολούθως εφαρμόστηκε η διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχησης προκειμένου να βαθμονομηθούν οι λεκάνες ως προς την τεκτονική δραστηριότητα που έχουν δεχτεί, κάνοντας συγκρίσεις μεταξύ των παραγόντων και λαμβάνοντας υπόψη τη λιθολογία (ανθεκτικότητα στη διάβρωση και διαπερατότητα) της κάθε λεκάνης. Το στάδιο αυτό της αναλυτικής ιεράρχησης ήταν περισσότερο συνεκτικό λόγω του ότι προηγήθηκε η παραγοντική ανάλυση και η διαδοχή αυτή οδηγεί σε πιο αντιπροσωπευτικούς συντελεστές βαρύτητας για την τελική ταξινόμηση των λεκανών απορροής σε σχέση με την τεκτονική δραστηριότητα που έχουν δεχτεί (Argyriou et al., 2017). Η εφαρμογή των συντελεστών βαρύτητας στις βαθμονομημένες τιμές παρείχε την τελική ιεράρχηση και οι λεκάνες απορροής ταξινομήθηκαν ανάλογα με την τεκτονική δραστηριότητα, ήτοι πολύ υψηλή, υψηλή, μέτρια και χαμηλή. Από τη χωρική κατανομή παρατηρήθηκε πως οι λεκάνες των δύο πρώτων κατηγοριών (πολύ υψηλή και υψηλή δραστηριότητα) συγκεντρώνονται σε συγκεκριμένες περιοχές. Με τον τρόπο αυτό η περιοχή μελέτης χωρίστηκε σε ζώνες (Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου, Βασιλίνας-Γρεγολίμανου και Στενού Ωρεών) για περαιτέρω μελέτη σε τοπική κλίμακα.

Η ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα, εκτός της ανωτέρω μεθοδολογίας, περιελάμβανε επίσης τη δημιουργία και τον υπολογισμό ενός σύνθετου δείκτη (IRTA). Αυτός ο δείκτης σχετικής ενεργού τεκτονικής, δε λαμβάνει υπόψη του τη λιθολογία της περιοχής μελέτης αλλά συνδυάζει με τη χρήση του μέσου όρου πέντε διαφορετικές παραμέτρους που όλες σχετίζονται με το ανάγλυφο. Συγκεκριμένα συνεκτικά την κλίση των κλιτύων της λεκάνης απορροής, το υψομετρικό ολοκλήρωμα, το δείκτη ασυμμετρίας, το λόγο αναγλύφου και τον αριθμό τραχύτητας του Melton. Οι τιμές του δείκτη παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των λεκανών και η χωρική τους κατανομή αντικατοπτρίζει διαφορές στην τεκτονική δράση που συνδέεται με τη θέση των λεκανών σε σχέση με τις ρηξιγενείς ζώνες. Είναι προφανές ότι οι λεκάνες με υψηλές τιμές δείκτη, που φανερώνει έντονη επιρροή από την

τεκτονική δραστηριότητα, γεωγραφικά εντοπίζονται στα ανυψούμενα τεμάχη των κύριων ενεργών ρηξιγενών ζωνών. Τα αποτελέσματα της ποσοτικής αυτής ανάλυσης συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα της αναλυτικής ιεράρχησης και παρατηρήθηκε πως για τις περισσότερες λεκάνες απορροής και κυρίως για όσες έχουν ταξινομηθεί στις κατηγορίες υψηλής και πολύ υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας, τα αποτελέσματα συμφωνούν. Οι εν λόγω λεκάνες εντοπίζονται στις ζώνες (Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου, Βασιλίνας-Γρεγολίμανου και Στενού Ωρεών) στις οποίες διαιρέθηκε η περιοχή για μελέτη σε τοπική κλίμακα.

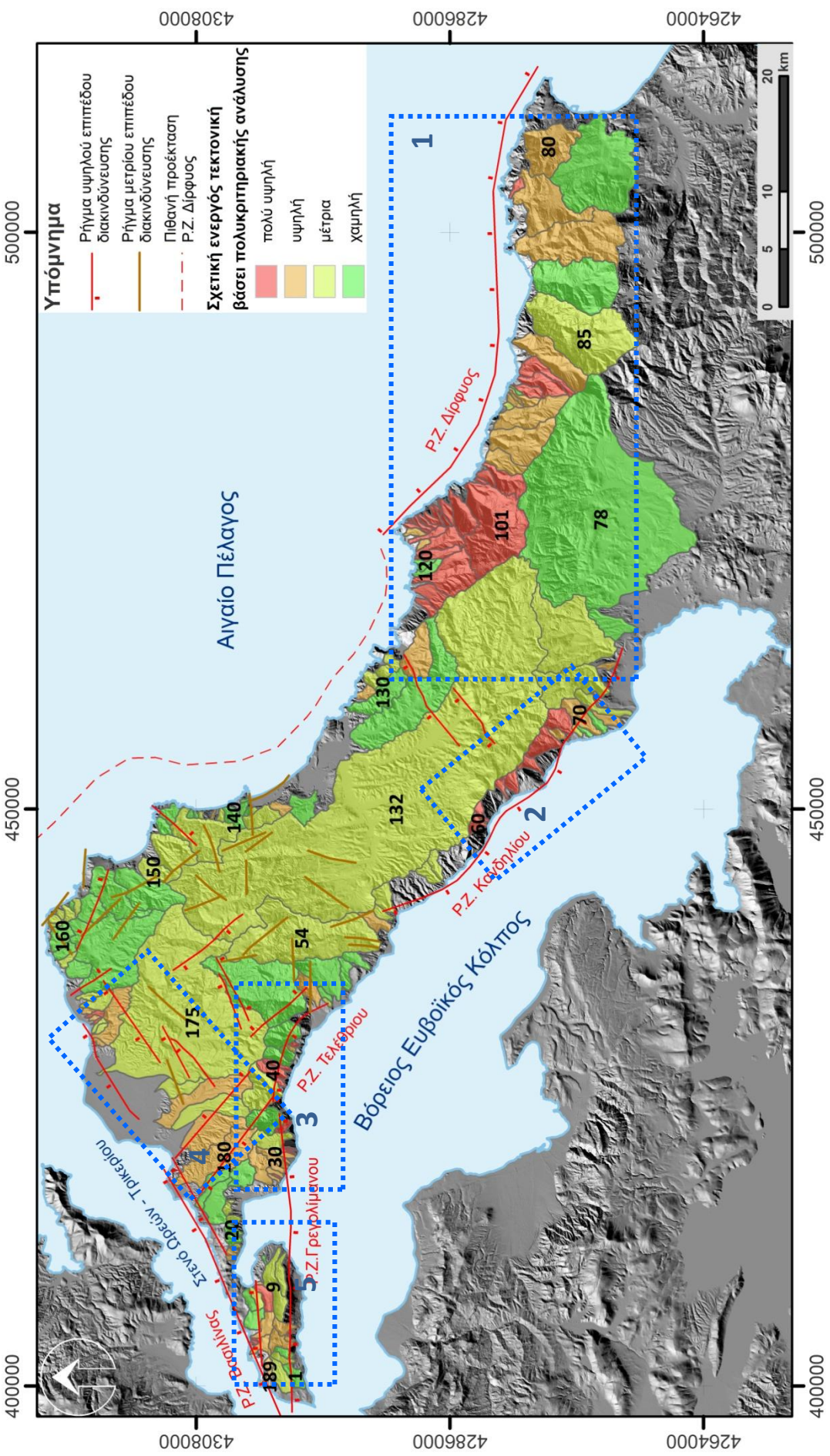
Από τις 189 συνολικά λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης, οι 94 εμφανίζουν πολύ υψηλή και υψηλή σχετική τεκτονική δραστηριότητα σύμφωνα με την πολυκριτηριακή ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα και από αυτές οι 87 παρουσιάζουν «συγκέντρωση σε ομάδες», στα ανυψούμενα τεμάχη των ρηξιγενών ζωνών Δίρφυος, Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου. Λεκάνες με υψηλή τεκτονική δραστηριότητα εντοπίζονται και στο στενό Ωρεών στο βόρειο τμήμα του νησιού καθώς και κοντά στις Λιχάδες στο βορειοανατολικό του τμήμα μεταξύ των ρηξιγενών ζωνών Βασιλίνας-Γρεγολίμανου. Συγκεκριμένα οι λεκάνες απορροής που επηρεάζονται από πολύ υψηλή και υψηλή σχετική τεκτονική δραστηριότητα ομαδοποιούνται όπως φαίνεται παρακάτω (οι θέσεις των ομάδων απεικονίζονται στα αντίστοιχα αριθμημένα πλαίσια του σχήματος 4.31):

1. 39 λεκάνες απορροής στη ζώνη Δίρφυος: οι No80-83, No86-89, No91-93, No95-118, No122-125 (Σχήμα 4.32),
2. 11 λεκάνες απορροής στη ζώνη Κανδηλίου: οι No60-67 και No70, No72, No75 (Σχήμα 4.33),
3. 17 λεκάνες απορροής στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου: οι λεκάνες No25-34, No36 στη ζώνη Γρεγολίμανου και οι λεκάνες No39-41, No44-45 και No48 στη ζώνη του Τελέθριου (Σχήμα 4.34),
4. 9 λεκάνες απορροής στα ανατολικά και δυτικά του δελταϊκού ριπιδίου Ιστιαίας (στενό Ωρεών): οι No167-170, No173, No174 και No177, No179, No180 αντίστοιχα (Σχήμα 4.35),
5. 11 λεκάνες απορροής μεταξύ των ζωνών Βασιλίνας και Γρεγολίμανου (Λιχάδες):
   α. οι λεκάνες No4-7, No11-12 με διεύθυνση ροής υδρογραφικού δικτύου από βορρά προς νότο (Σχήμα 4.36) και

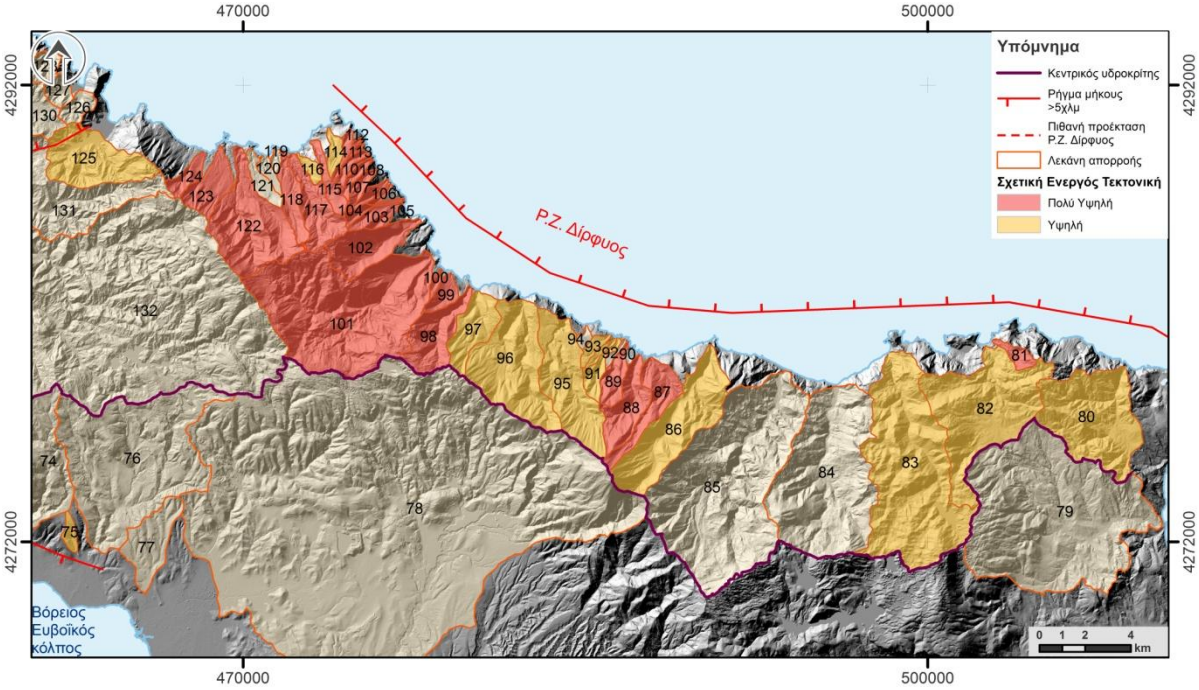
β. οι Νο184-188 με διεύθυνση ροής υδρογραφικού δικτύου από νότο προς βορρά (Σχήμα 4.36).

Οι παραπάνω λεκάνες απορροής ανήκουν στην κατηγορία "λεκανών ρηξιγενούς μετώπου (footwall catchments)" η οποία αποτελεί μία από τις τέσσερις κατηγορίες υδρογραφικών λεκανών (που περιγράφουν τη σχέση τεκτονικής και αποστράγγισης), όπως αυτές προτάθηκαν από τους Leeder και Jackson (1993) για περιοχές εμφάνισης κανονικών ρηγμάτων. Η αποστράγγιση των απότομων πλαγιών των ανυψούμενων τεμαχών γίνεται μέσω πολλών και μικρών υδρογραφικών δικτύων που έχουν διαμορφώσει μεγάλης μορφολογικής κλίσης λεκάνες απορροής όπως φαίνεται στο σχήμα 4.31.

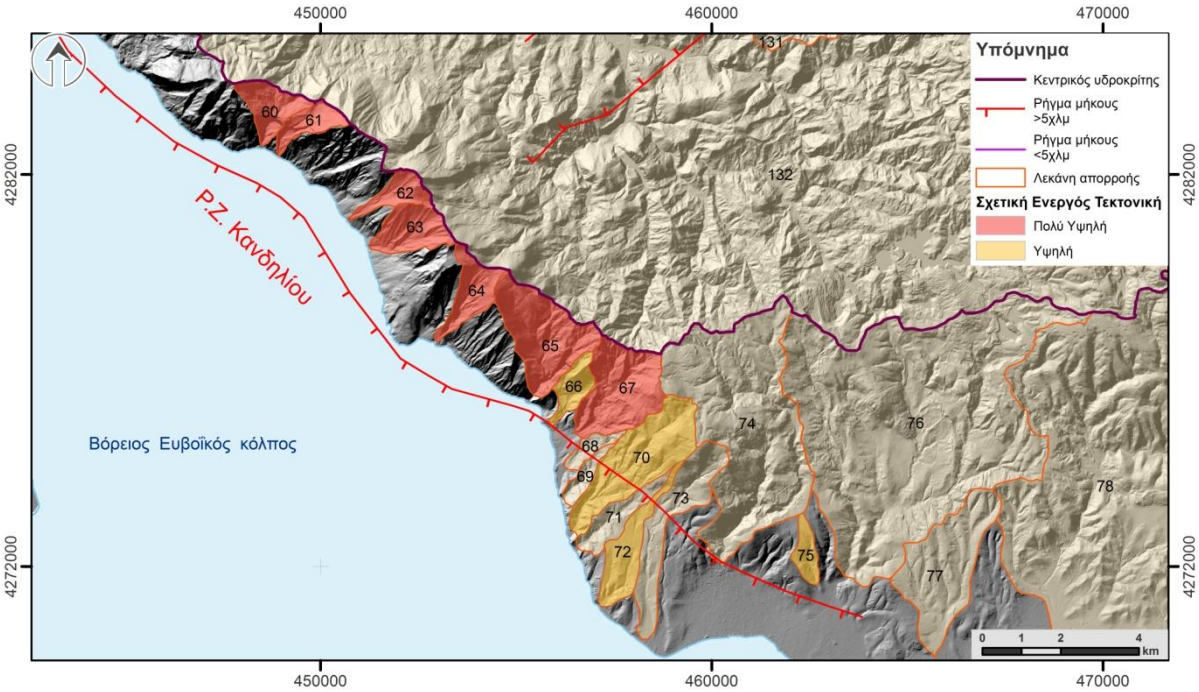
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί πως στα τεμάχη που έχουν υποστεί στρέψη ως προς τα κύρια ρήγματα, έχουν αναπτυχθεί λεκάνες απορροής με σχετικά ήπια κλίση και μεγάλη έκταση όπως είναι οι λεκάνες Νο78 που βρίσκεται πίσω από τις λεκάνες του ρηξιγενούς μετώπου της ζώνης Δίρφυος και η λεκάνη Νο132 που βρίσκεται πίσω από τις λεκάνες του ρηξιγενούς μετώπου της ζώνης Κανδηλίου (Σχήμα 4.31), αν και η τελευταία (η λεκάνη του ποταμού Νηλέα η οποία μελετάται ξεχωριστά στην παράγραφο 5.3.1) έχει μεγάλη έκταση προφανώς και λόγω της ευδιάβρωτης φύσης της λιθολογίας της (Νεογενείς σχηματισμοί που υπέρκεινται των ασβεστόλιθων και των οφιόλιθων). Μεταξύ αυτών των ζωνών ή ρηξι-τμημάτων αναπτύσσονται χαρακτηριστικές λεκάνες που ανήκουν στην κατηγορία "λεκάνες ζώνης μεταβίβασης" όπως είναι η λεκάνη Νο54 (Σχήμα 4.31). Στις περιοχές αυτές, σύφωνα με τους Leeder και Jackson (1993), λόγω των μικρότερων κλίσεων που επικρατούν, η επιφανειακή απορροή έχει τη δυνατότητα να σχηματίσει ένα μεγαλύτερο υδρογραφικό δίκτυο το οποίο συνήθως επεκτείνεται πλάγια πίσω από τις γειτονικές μικρής έκτασης απόκρημνες λεκάνες του ανυψούμενου τεμάχους. Με αυτό τον τρόπο η μεγάλη επιμήκης λεκάνη Νο54 της περιοχής μελέτης, έχει πλάγιο, και όχι κάθετο στη διεύθυνση της ρηξιγενούς ζώνης, προσανατολισμό και αναπτύσσεται μεταξύ της ζώνης Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου με κλίση προς την τελευταία. Άλλωστε η περιοχή μεταξύ των ζωνών Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου καθώς και η περιοχή νότια της ζώνης Κανδηλίου έχουν χαρακτηριστεί από τους Ganas & Papoulia (2000) ως περιοχές με χαμηλή συσσωρευμένη ολίσθηση λόγω ρηξιγενών επεισοδίων, η οποία προκλήθηκε από επαναλαμβανόμενο έλλειμμα συνσεισμικής ολίσθησης (επειδή αποτελούν όρια ρηξιτμημάτων).



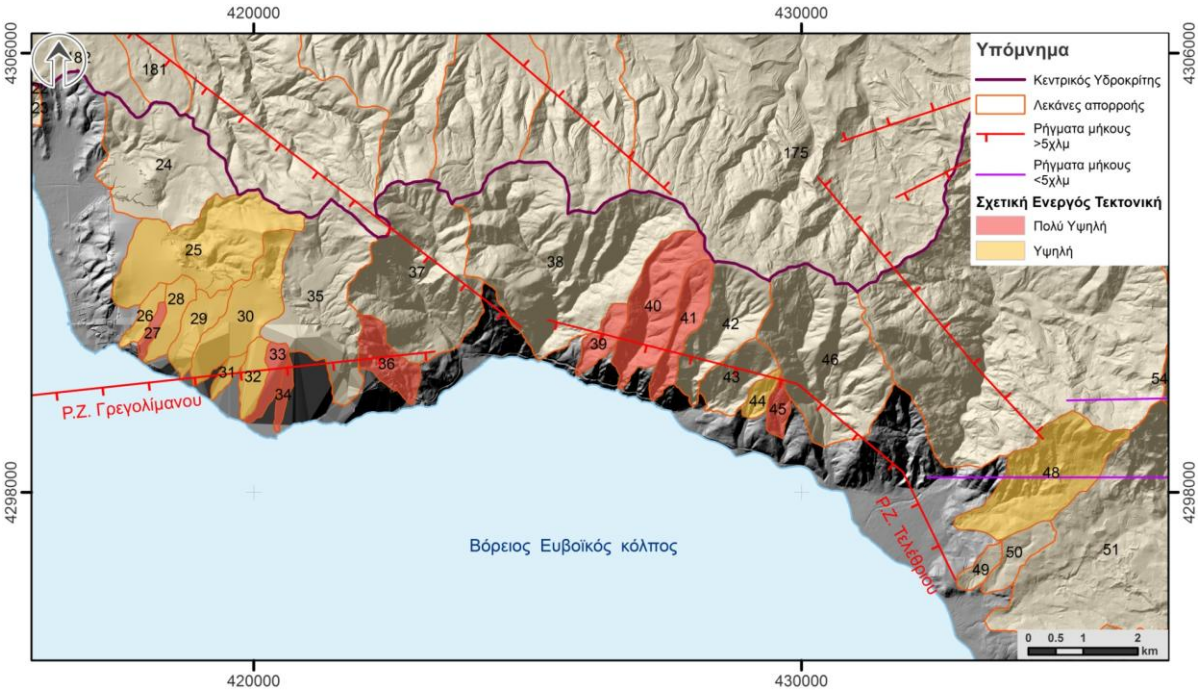
Σχήμα 4.31. Βαθμονόμηση των λεκανών απορροής ως προς τη σχετική ενεργό τεκτονική που έχει διαμορφώσει τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, όπως προέκυψαν από την πολυκριτηριακή ανάλυση. Τα πλαίσια που φέρουν αρίθμηση αφορούν τις ζώνες στις οποίες διαιρέθηκε η περιοχή μελέτης για λεπτομερέστερη ανάλυση σε τοπική κλίμακα.
1: ζώνη Δίρφυος, 2: ζώνη Καν/δηλίου, 3: ζώνη Γρεγολίμανου–Τελέθριου,4: ζώνη στενού Ωρεών και 5: Βασιλίνας–Γρεγολίμανου (δες και σχήματα 4.32, 4.33, 4.34, 4.35 και 4.36).



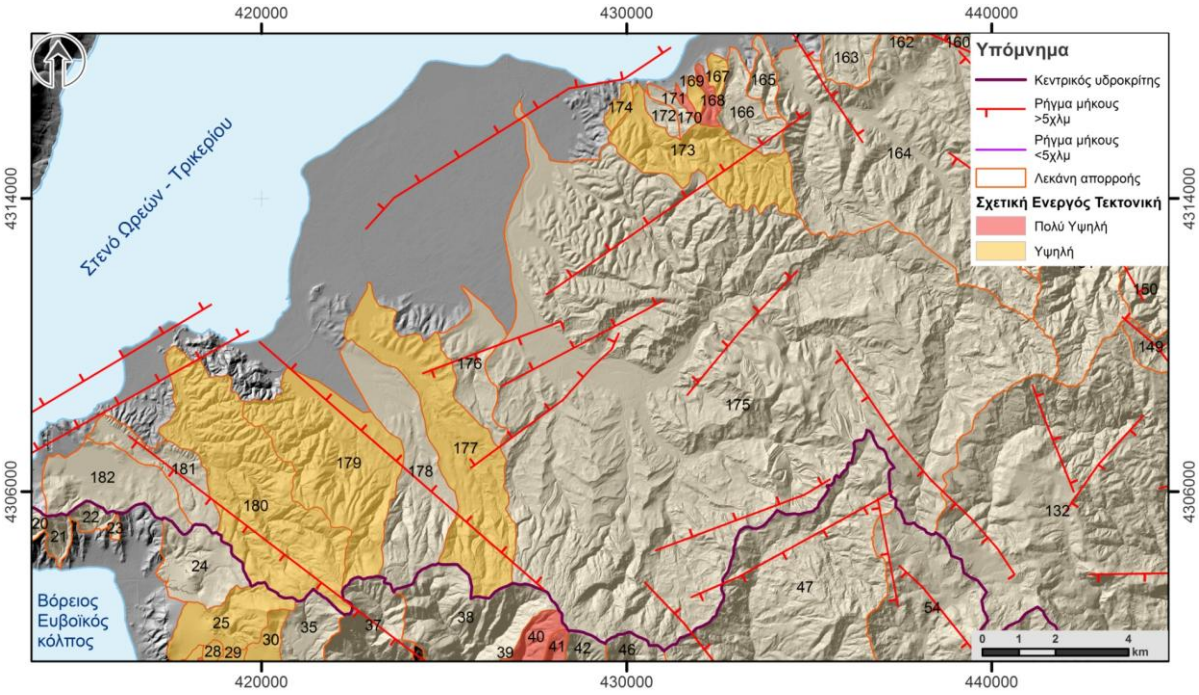
Σχήμα 4.32. Λεκάνες απορροής, στη ρηξιγενή ζώνη Δίρφυος, με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 1 στο σχήμα 4.31).



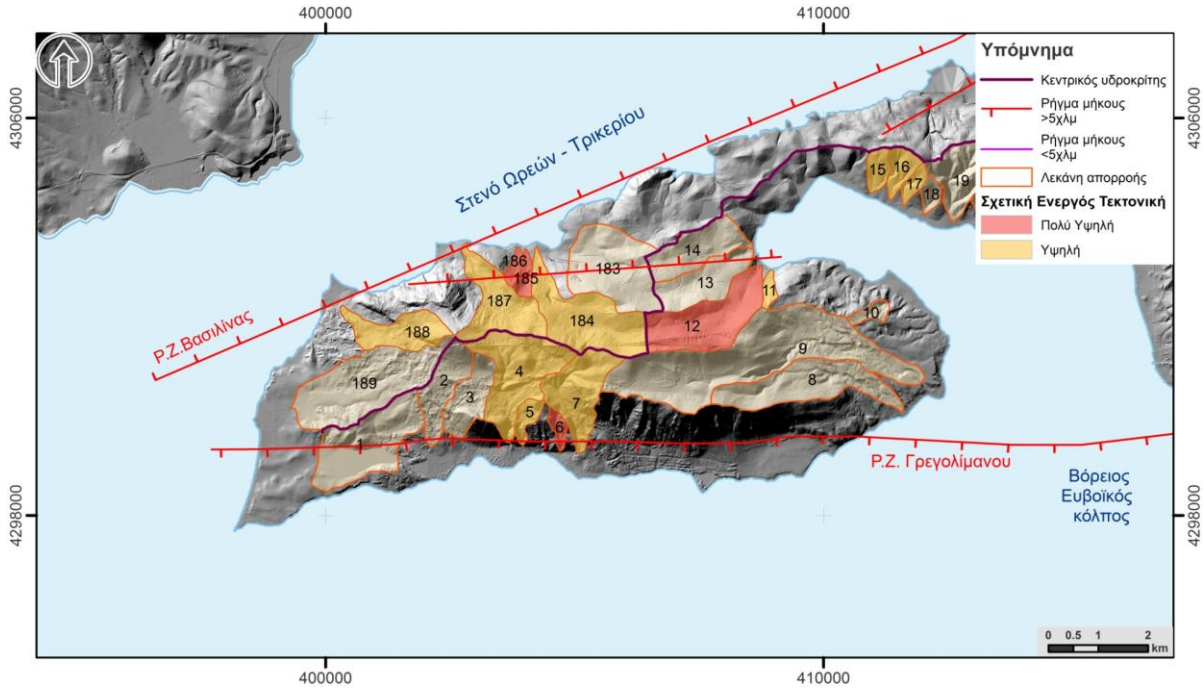
Σχήμα 4.33. Λεκάνες απορροής, στη ρηξιγενή ζώνη Κανδηλίου, με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 2 στο σχήμα 4.31).



Σχήμα 4.34. Λεκάνες απορροής, στη ρηξιγενή ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 3 στο σχήμα 4.31).



Σχήμα 4.35. Λεκάνες απορροής, στα ανατολικά και δυτικά του δελταϊκού ριπιδίου Ιστιαίας (στενό Ωρεών), με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 4 στο σχήμα 4.31).



Σχήμα 4.36. Λεκάνες απορροής, στο βορειοανατολικό τμήμα νησιού (Λιχάδες), με πολύ υψηλή και υψηλή σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (πλαίσιο 5 στο σχήμα 4.31).

Συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά των επιμέρους ζωνών, δηλαδή των λεκανών απορροής των 5 ρηξιγενών ζωνών, όπως καθορίστηκαν παραπάνω, είναι δυνατό να μελετηθούν αρχικά οι διαφορές στη διεύθυνση ροής των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής, όσων έχουν αναπτυχθεί σε ζώνες πολύ υψηλής έως υψηλής σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας, λαμβάνοντας τα παρακάτω ροδογράμματα κατανομής συχνοτήτων (Jenness, 2014) του προσανατολισμού του συνόλου των κλάδων τους (Σχήμα 4.37).

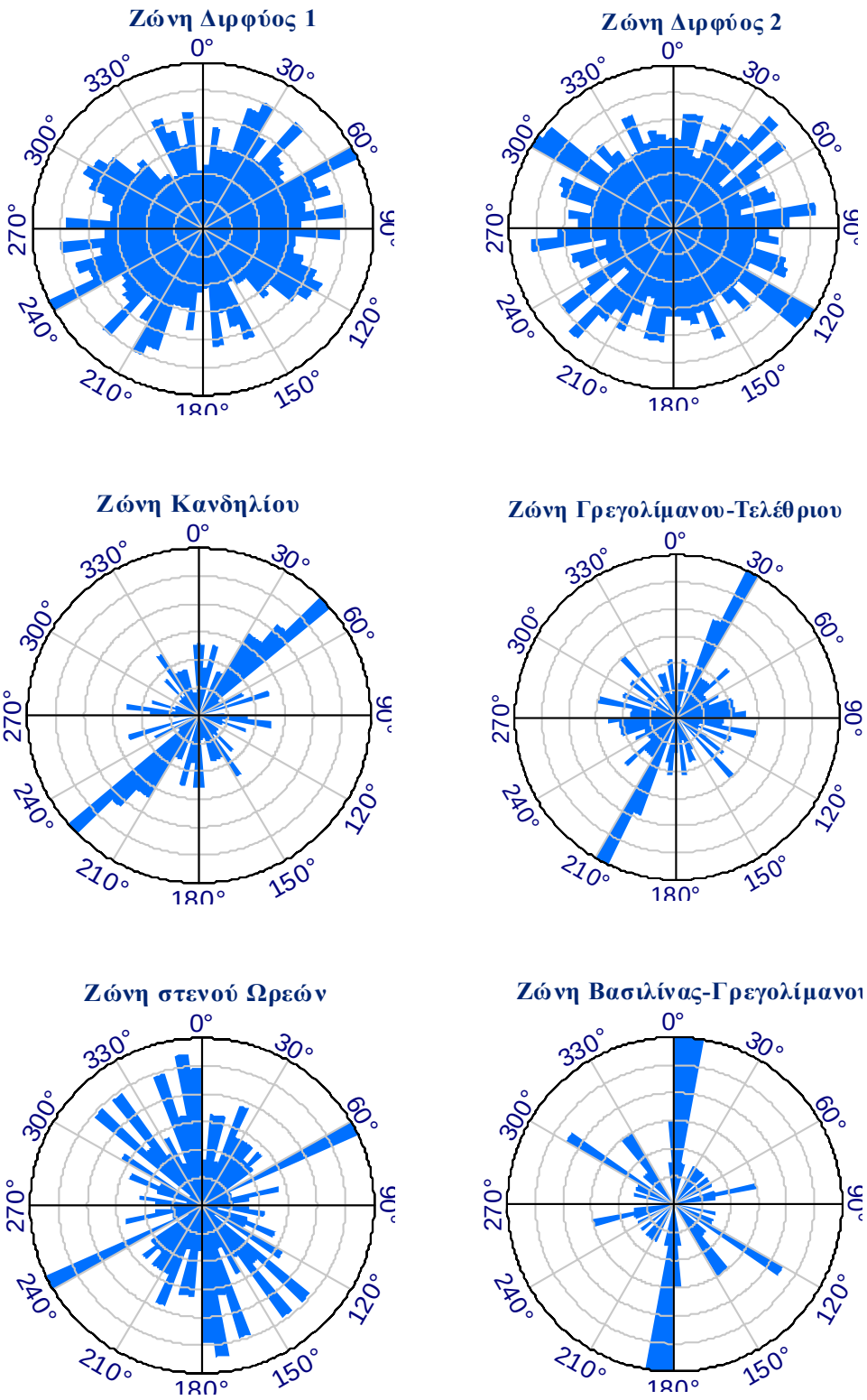
Για τη ζώνη Δίρφυος αναλύθηκαν 693 κλάδοι υδρογραφικού δικτύου για το πρώτο τμήμα (Δίρφυος 1) και 712 για το δεύτερο τμήμα (Δίρφυος 2). Η διεύθυνση ροής των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων που αναπτύσσονται στο ανυψούμενο τέμαχος της ρηξιγενούς ζώνης Δίρφυος είναι κυρίως ΒΑ-ΝΔ για το νοτιότερο τμήμα της ζώνης που αφορά τις λεκάνες έως τη λεκάνη No100 (Ζώνη Δίρφυος 1). Για το βορειότερο τμήμα της ζώνης, που αφορά το σύνολο των λεκανών από τη λεκάνη No101 έως τη λεκάνη No125 (Ζώνη Δίρφυος 2) η διεύθυνση ροής των κλάδων είναι ΒΔ-ΝΑ. Θα πρέπει να σημειωθεί πως εκτός των κύριων διευθύνσεων, στο τμήμα Δίρφυος 1 παρουσιάζουν σημαντική εμφάνιση οι διευθύνσεις ΒΒΑ-ΝΝΑ και Α-Δ ενώ στο τμήμα Δίρφυος 2 οι διευθύνσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ, ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ.

Για τη ζώνη Κανδηλίου αναλύθηκαν 68 κλάδοι, για τη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου αναλύθηκαν 149 κλάδοι, για τη ζώνη Ωρεών 174 και σε όλες τις ζώνες η κύρια διεύθυνση ροής βρέθηκε ΒΑ-ΝΔ. Στη ζώνη στενού Ωρεών εκτός της κύριας διεύθυνσης, σημαντική συχνότητα παρουσιάζουν και οι διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και Β-Ν.

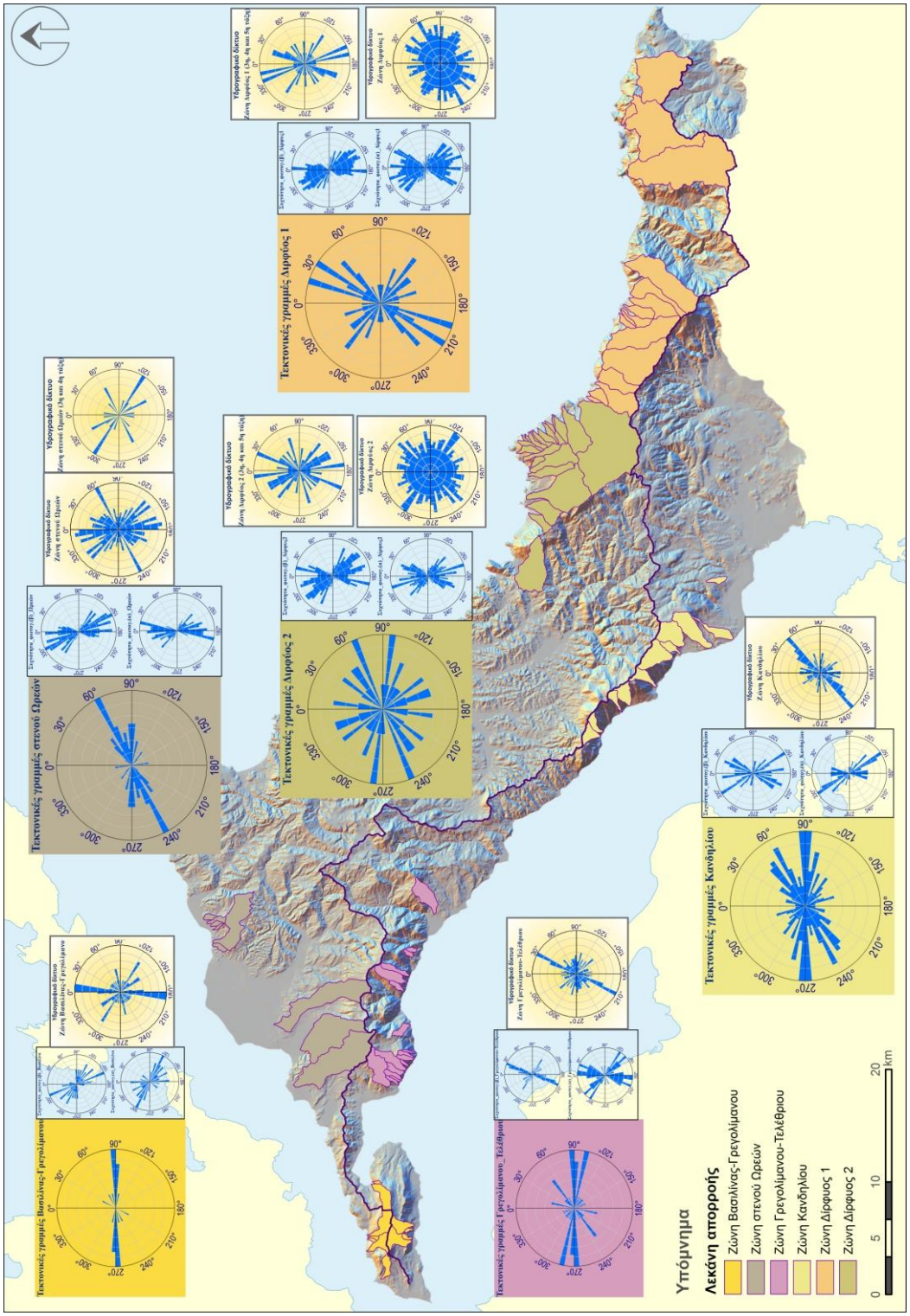
Ο συνολικός αριθμός κλάδων που αναλύθηκαν για τη ζώνη Βασιλίνας-Γρεγολίμανου ήταν 34 και η διεύθυνση ροής των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων είναι Β-Ν, με ένα μέρος αυτών να εκβάλλουν στο στενό Αρτεμισίου, ενώ κάποια δίκτυα εκβάλλουν στον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο. Σημαντικό ποσοστό αυτών ακολουθεί διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Από τη σύγκριση των διευθύνσεων των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων με τις διευθύνσεις των τεκτονικών γραμμών και των φωτογραμμώσεων (α) και (β) (που προέκυψαν από την παράγραφο 3.3.6, (α) από συνδυασμό εικόνων με φωτεινή πηγή σε γωνίες 0°, 45°, 90° και 135° και (β) από φωτεινή πηγή σε γωνίες 180°, 225°, 270° και 315°), όπως φαίνεται στο σχήμα 4.38, στη ζώνη Βασιλίνας-Γρεγολίμανου υπάρχει μια υπεροχή των διευθύνσεων των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου Β-Ν και ΒΔ-ΝΑ που φαίνεται να συμπίπτουν με τις φωτογραμμώσεις (β), ενώ στη ζώνη Ωρεών οι κύριες διευθύνσεις του συνόλου των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων ταυτίζεται με τις διευθύνσεις των αλπικών διαρρήξεων. Οι διευθύνσεις των κλάδων $3^{ης}$ και $4^{ης}$ τάξης του δικτύου φαίνεται να ταυτίζονται επίσης με τη διεύθυνση των φωτογραμμώσεων (β) που προέκυψαν από συνδυασμό εικόνων με από φωτεινή πηγή σε γωνίες 180°, 225°, 270° και 315°. Στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου και στη ζώνη Κανδηλίου οι διευθύνσεις των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων ταυτίζονται επίσης με τις φωτογραμμώσεις (β), αν και στη δεύτερη περίπτωση της ζώνης Κανδηλίου είναι φανερή και η επιρροή των δευτερευουσών αλπικών διαρρήξεων στην ανάπτυξη κοιτών. Τέλος, στις ζώνες Δίρφυος 1 και 2, αν και στο σύνολό τους τα υδρογραφικά δίκτυα φαίνεται πως επηρεάζονται από τις αλπικές διαρρήξεις, οι μεγαλύτερες τάξεις (3η, 4η και 5η) φαίνεται και στις δύο περιπτώσεις να ακολουθούν τις φωτογραμμώσεις (β). Από την παραπάνω σύγκριση, συμπεραίνεται η καλή συσχέτιση μεταξύ του προσανατολισμού των φωτογραμμώσεων (β) και της διεύθυνσης ροής των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων, όπως είχε ήδη αναφερθεί συνοπτικά στην παράγραφο 3.3.6. Επίσης διακρίνεται πως η διεύθυνσή τους δεν ακολουθεί τις τεκτονικές γραμμές/ ενεργά ρήγματα ή αλπικές διαρρήξεις όπως καταγράφηκαν από τη βιβλιογραφία και τους χάρτες του ΙΓΜΕ αλλά μάλλον έχει επηρεαστεί από κάποιο σύστημα νεότερων (νεοτεκτονικών) διαρρήξεων το οποίο ίσως τροποποίησε την πορεία τους. Η

τελευταία υπόθεση δύναται να επιβεβαιωθεί από τον εντοπισμό συγκεκριμένων γεωμορφών κατά την ανάλυση του κεφαλαίου 5.



Σχήμα 4.37. Ροδογράμματα κατανομής συχνοτήτων των διευθύνσεων των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων της κάθε μίας ρηξιγενούς ζώνης.



Σχήμα 4.38. Ροδογράμματα, σε σκαρίφημα της περιοχής μελέτης, στα οποίο απεικονίζονται (ανά διαστήματα 5°) οι τάσεις προσανατολισμού των τεκτονικών γραμμών (τα ροδογράμματα είναι χρωματισμένα ανάλογα με τη ρηξιγενή ζώνη την οποία αφορούν), των φωτογραμμώσεων (α) (προέκυψαν από συνδυασμό εικόνων με φωτεινή πηγή σε γωνίες 0°, 45°, 90° και 135°) και (β) (προέκυψαν από συνδυασμό εικόνων με φωτεινή πηγή σε γωνίες 180°, 225°, 270° και 315°) (πάνω το β και κάτω το α, δίπλα στα χρωματισμένα ροδογράμματα), καθώς και των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων για τις λεκάνες της κάθε ρηξιγενούς ζώνης-συνολικά και κατά θέσεις μόνο για τις μεγαλύτερες τάξεις (οι ζώνες καθορίστηκαν από την ομαδοποίηση βάσει της ανάλυσης που προηγήθηκε).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μελέτη της υψομετρικής καμπύλης αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για το χαρακτηρισμό της μορφολογίας των λεκανών απορροής. Η κυρτότητα της υψομετρικής καμπύλης είναι δείκτης του σταδίου εξέλιξης που διανύει μια λεκάνη με τις νεώτερες λεκάνες με μικρή διάβρωση να έχουν κυρτή καμπύλη και μεγάλο υψομετρικό ολοκλήρωμα. Από το σχήμα 4.39 γίνεται φανερό πως σε κάθε ζώνη (υποπεριοχή) υπάρχουν λεκάνες απορροής με υψομετρικές καμπύλες που παραπέμπουν σε διάφορα στάδια εξέλιξης.

Στη ζώνη Δίρφυος (Σχήμα 4.39 (α)), για την ευκολότερη μελέτη των καμπυλών η ζώνη χωρίστηκε σε δύο τμήματα, ήτοι ζώνη Δίρφυος 1, που αποτελείται από όλες τις λεκάνες μέχρι τη No100 και ζώνη Δίρφυος 2, που περιλαμβάνει τις υπόλοιπες λεκάνες από την No101 και βορειότερα. Οι υψομετρικές καμπύλες μεταπίπτουν σταδιακά από κυρτές στο νοτιότερο τμήμα σε κοίλες στο βορειότερο τμήμα της ζώνης αυτής. Άρα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα πως με βάση τις υψομετρικές καμπύλες φαίνεται οι λεκάνες απορροής της ζώνης Δίρφυος να περνούν από το στάδιο νεότητας στο στάδιο ωριμότητας και σταδιακά στο στάδιο γήρατος με μία διεύθυνση από τα ΝΑ προς τα ΒΔ (η θέση των λεκανών φαίνεται στο σχήμα 4.32). Προς την ίδια διεύθυνση μειώνεται και το ανάγλυφο (Σχήμα 4.23) με αποτέλεσμα στο ΒΔ τμήμα της ζώνης να συγκεντρώνονται οι λεκάνες με το χαμηλότερο ανάγλυφο και τις περισσότερο κοίλες καμπύλες.

Στη ζώνη Κανδηλίου (Σχήμα 4.39 (β)) η μετάπτωση των λεκανών απορροής από το στάδιο νεότητας στο στάδιο γήρατος λαμβάνει χώρα με διεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ, δηλαδή οι νεότερες λεκάνες που έχουν διαμορφωθεί από την κατά βάθος διάβρωση των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων βρίσκονται στο ΒΔ τμήμα της ζώνης ενώ στο ΝΑ της τμήμα οι υψομετρικές καμπύλες των λεκανών δείχνουν μικρότερο βαθμό επίδρασης από την πρόσφατη ενεργό τεκτονική (η θέση των λεκανών φαίνεται στο σχήμα 4.33).

Οι περισσότερες καμπύλες της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου (Σχήμα 4.39 (γ)) και κυρίως αυτές που αφορούν λεκάνες οι οποίες βρίσκονται στο Δ-ΒΔ τμήμα της, είναι κυρτές ή τύπου (μορφής) S, σχετίζονται δηλαδή με νέο ανάγλυφο πιθανόν από πρόσφατη ενεργό τεκτονική δραστηριότητα της ρηξιγενούς ζώνης. Αντίθετα οι καμπύλες του Α-ΝΑ τμήματος της ζώνης αυτής δείχνουν πως οι λεκάνες διανύουν το στάδιο γήρατος, σχετίζονται δηλαδή με παλαιό ανάγλυφο που έχει διαβρωθεί περισσότερο (θέση λεκανών στο σχήμα 4.34). Η διαπίστωση αυτή είναι σύμφωνη με τον Ganas (1997) ο οποίος αναφέρει πως το Τελέθριο, δηλαδή το πιο

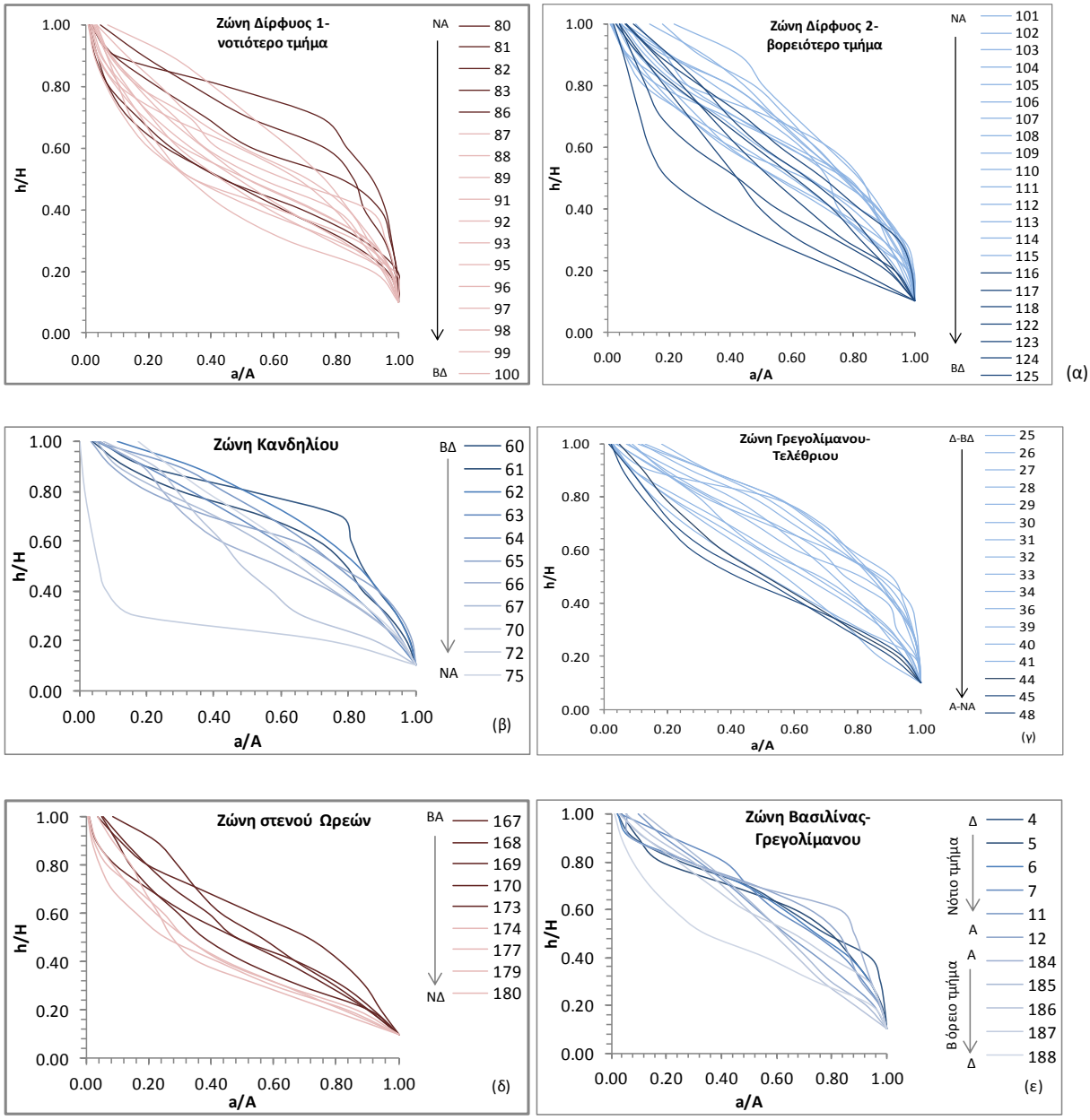
Α-ΝΑ τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου, είναι παλαιότερης ηλικίας, όπως φανερώνει η μεγάλη απόσταση του ορεογραφικού μετώπου από την κορυφογραμμή, σε σύγκριση με το Β-ΒΔ τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης όπου η απόσταση αυτή μικραίνει.

Οι λεκάνες που ανήκουν στο ΒΑ τμήμα της ζώνης στενού Ωρεών, αυτές δηλαδή που βρίσκονται ανατολικά του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Ξηροπόταμου, φαίνεται ξεκάθαρα πως βρίσκονται στο στάδιο νεότητας (νέο ανάγλυφο) έως το στάδιο ωριμότητας (καμπύλες σχήματος 4.39 (δ)). Αντίθετα, δυτικά του δελταϊκού ριπιδίου (στο ΝΔ τμήμα της ζώνης) οι λεκάνες διανύουν το στάδιο γήρατος, σχετίζονται δηλαδή σε μικρότερο βαθμό με πρόσφατη ενεργό τεκτονική (θέση λεκανών στο σχήμα 4.35).

Από τις υψομετρικές καμπύλες της ζώνης Βασιλίνας-Γρεγολίμανου (Σχήμα 4.39 (ε)) διαπιστώνεται πως για τις λεκάνες του νότιου τμήματος αυτές έχουν μορφή S και άρα αντιστοιχούν στο ώριμο στάδιο εξέλιξης. Οι καμπύλες των λεκανών του βόρειου τμήματος είναι ενδεικτικές όλων των σταδίων εξέλιξης ξεκινώντας από το νεότερο στα ανατολικά έως το στάδιο γήρατος για τις δυτικές λεκάνες του τμήματος αυτού (θέση λεκανών στο σχήμα 4.36).

Συνοψίζοντας τις διαπιστώσεις από τη μελέτη των υψομετρικών καμπυλών, παρατηρούνται διαφορές στην κυρτότητα οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε τεκτονικά αίτια εφόσον οι κλιματικοί παράγοντες είναι ίδιοι για όλες τις λεκάνες και η λιθολογία παρόμοια για τις λεκάνες κάθε ζώνης. Συγκεκριμένα, σε κάθε ζώνη παρατηρείται μορφολογικά μια μείωση της διάβρωσης λόγω τεκτονικής δραστηριότητας από το νότο προς το βορρά για τις λεκάνες των ρηξιγενών ζωνών των ανατολικών ακτών του νησιού με τις νεότερες λεκάνες να βρίσκονται νότια. Για τις λεκάνες των ρηξιγενών ζωνών των δυτικών ακτών η μείωση αυτή παρατηρείται από το βορρά προς το νότο με τις νεότερες λεκάνες να βρίσκονται βόρεια. Για τις λεκάνες των ρηξιγενών ζωνών των βόρειων ακτών οι υψομετρικές καμπύλες δείχνουν μείωση της τεκτονικής δραστηριότητας από ανατολή προς δύση. Επιπλέον οι λεκάνες που φαίνεται να διανύουν το στάδιο γήρατος ταυτίζονται με τις περιοχές όπου η απόσταση του κεντρικού υδροκρίτη από τα αντίστοιχα ορεογραφικά μέτωπα γίνεται μεγαλύτερη, γεγονός που επιβεβαιώνει πως το τμήμα αυτό της ζώνης είναι παλαιότερης ηλικίας και λιγότερο επηρεασμένο από τον πρόσφατο τεκτονισμό. Κατά συνέπεια διαπιστώνεται πως είναι αρκετά πιθανό οι ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής μελέτης να «μεταναστεύουν» ή να επεκτείνονται προς το νότο στις ανατολικές, προς το βορρά στις δυτικές και προς την ανατολή στις βόρειες ακτές

της περιοχής μελέτης. Η πρώτη αυτή διαπίστωση που προκύπτει από την ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα θα διερευνηθεί περαιτέρω σε επόμενο στάδιο κατά την ανάλυση των δικτύων και λεκανών σε τοπική κλίμακα (Κεφάλαιο 6).



Σχήμα 4.39. Υψομετρικές καμπύλες των λεκανών απορροής συγκεντρωτικά για τις ζώνες (α) Δίρφυος, (β) Κανδηλίου, (γ) Γρεγολίμανου-Τελέθριου, (δ) Στενού Ωρεών και (ε) Βασιλίνας-Γρεγολίμανου.

Ακολούθως προκειμένου να γίνει μια διερευνητική ανάλυση (συνδυάζοντας γραφικές και αριθμητικές μεθόδους με σκοπό τη διερεύνηση τάσεων και ιδιαίτερων τιμών στα δεδομένα), δηλαδή για να συγκριθούν οι τιμές των παραμέτρων των παραγόντων γεωμετρία λεκάνης, υδρογραφική υφή και ανάγλυφο λεκάνης απορροής και να εντοπιστούν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις ζώνες κατασκευάστηκαν τα θηκογράμματα που φαίνονται στο σχήμα Π. 9. Στα θηκογράμματα διακρίνεται η διάμεσος, τα τεταρτημόρια και το ενδοτεταρτημοριακό εύρος, η μέγιστη και ελάχιστη τιμή που δεν είναι στατιστικά ακραίες και οι ακραίες και εξαιρετικά ακραίες τιμές. Οι μεγαλύτερες τιμές (που δεν είναι στατιστικά ακραία) του λόγου επιμήκυνσης, του λόγου κυκλικότητας, του δείκτη μορφής και του λόγου αναγλύφου, παρατηρούνται στη ζώνη Κανδηλίου, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές του δείκτη σχήματος, του δείκτη συγκέντρωσης, της υδρογραφικής συχνότητας, της υδρογραφικής υφής, του υψομετρικού ολοκληρώματος και του τοπικού αναγλύφου, παρατηρούνται στη ζώνη Δίρφυος. Η μεγαλύτερη τιμή της υδρογραφικής πυκνότητας παρατηρείται στη ζώνη Γρεγολίμανου. Ακραίες και εξαιρετικά ακραίες τιμές παρατηρούνται σε όλες τις παραμέτρους εκτός από το λόγο κυκλικότητας και το λόγο αναγλύφου, ενώ οι περισσότερες εντοπίζονται στην υδρογραφική πυκνότητα. Οι πιο έντονες ασυμμετρίες παρατηρούνται στη ζώνη στενού Ωρεών για το λόγο κυκλικότητας (θετική) και το δείκτη συγκέντρωσης (αρνητική), στη ζώνη Βασιλίνας-Γρεγολίμανου για το δείκτη συγκέντρωσης (θετική), το υψομετρικό ολοκλήρωμα (θετική), το τοπικό ανάγλυφο (αρνητική) και το λόγο αναγλύφου (θετική) και τέλος στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου για την υδρογραφική συχνότητα (θετική) και το λόγο υδρογραφικής υφής (θετική). Πολύ μεγάλο ενδοτεταρτημοριακό εύρος, που δείχνει και μεγάλη μεταβλητότητα στις τιμές παρατηρείται στη ζώνη Κανδηλίου για το λόγο αναγλύφου. Τέλος, μεγάλο εύρος τιμών παρατηρείται στο λόγο επιμήκυνσης και το δείκτη μορφής στη ζώνη Κανδηλίου, στο λόγο κυκλικότητας σε όλες τις ζώνες, στο δείκτη σχήματος και το τοπικό ανάγλυφο για τις ζώνες Δίρφυος και Κανδηλίου, στο δείκτη συγκέντρωσης για τις ζώνες Δίρφυος, Γρεγολίμανου και στενού Ωρεών, στη ζώνη Γρεγολίμανου για την υδρογραφική πυκνότητα, στη ζώνη Ωρεών για το υψομετρικό ολοκλήρωμα και για το λόγο αναγλύφου στις ζώνες Δίρφυος, Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου.

Για τον καθορισμό των παραπάνω ζωνών, οι οποίες μελετήθηκαν αναλυτικά και συγκρίθηκαν σε διάφορα επίπεδα σε περιφερειακή κλίμακα, χρησιμοποιήθηκαν οι λεκάνες απορροής που έχουν δεχτεί υψηλή έως πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα κατά τη διαμόρφωσή τους

βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα. Σε δεύτερη φάση, από αυτές τις λεκάνες απορροής επιλέγονται αυτές που η τάξη τους είναι μεγαλύτερη της 3^{ης} (Πίνακας 4.23) για ανάλυση σε τοπική κλίμακα στο κεφάλαιο 6. Πρόκειται για 36 λεκάνες απορροής από τις ζώνες Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου και Στενού Ωρεών.

Πίνακας 4.23. Λεκάνες απορροής που θα αναλυθούν σε τοπική κλίμακα (λεκάνες απορροής που έχουν δεχτεί υψηλή έως πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα κατά τη διαμόρφωσή τους και είναι 3^{ης} ή μεγαλύτερης τάξης) και οι ζώνες στις οποίες ανήκουν.

Αριθμός λεκάνης	Τάξη υδρ. δικτύου	Ζώνη
80	5	Διρφύος
81	3	Διρφύος
82	4	Διρφύος
83	4	Διρφύος
86	4	Διρφύος
87	3	Διρφύος
88	3	Διρφύος
89	3	Διρφύος
95	4	Διρφύος
96	4	Διρφύος
97	3	Διρφύος
98	3	Διρφύος
101	5	Διρφύος
102	3	Διρφύος
115	3	Διρφύος
117	4	Διρφύος
118	3	Διρφύος
122	4	Διρφύος
123	3	Διρφύος
124	3	Διρφύος
125	4	Διρφύος

Αριθμός λεκάνης	Τάξη υδρ. δικτύου	Ζώνη
25	3	Γρεγολίμανου-Τελέθριου
36	3	Γρεγολίμανου-Τελέθριου
39	3	Γρεγολίμανου-Τελέθριου
40	3	Γρεγολίμανου-Τελέθριου
45	3	Γρεγολίμανου-Τελέθριου
48	3	Γρεγολίμανου-Τελέθριου
65	3	Κανδηλίου
67	3	Κανδηλίου
70	3	Κανδηλίου
75	3	Κανδηλίου
167	3	Στενού Ωρεών
173	3	Στενού Ωρεών
177	3	Στενού Ωρεών
179	4	Στενού Ωρεών
180	4	Στενού Ωρεών

Κεφάλαιο 5.

Γεωμορφολογία - Ειδική γεωμορφομετρία

5.1 Εισαγωγή

5.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

5.2.1 Οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης και απόθεσης - Κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης και απόθεσης - Μορφολογικές ασυνέχειες

5.2.2 Κύριες ποτάμιες γεωμορφές

5.2.2.1 Μορφή υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων, σημεία κάμψης και πιθανής πειρατείας

5.2.2.2 Ποτάμιες αναβαθμίδες

5.2.3 Κύριες παράκτιες γεωμορφές

5.2.3.1 Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια

5.2.3.2 Δελταϊκά ριπίδια

5.2.3.3 Θαλάσσιες αναβαθμίδες

5.2.3.4 Ανυψωμένες και βυθισμένες παλιρροιακές εγκοπές

5.2.3.5 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί και άλλες παράκτιες γεωμορφές

5.2.4 Ταξινόμηση των ακτών με κριτήριο τη λιθολογία και τη μορφολογική κλίση

5.2.5 Τριγωνικά πρανή

5.2.6 Εμφανίσεις κορημάτων

5.2.7 Έλη και λιμνοθάλασσες

5.2.8 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις

5.3 Αποτελέσματα

5.3.1 Νεογενείς λεκάνες στην περιοχή μελέτης

5.3.2 Ανάλυση οριζόντιων και κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης και απόθεσης – Ανάλυση μορφολογικών ασυνεχειών

5.3.2.1 Οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης.

5.3.2.2 Οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης

5.3.2.3 Κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης

5.3.2.4 Κεκλιμένες επιφάνειες απόθεσης

5.3.2.5 Μορφολογικές ασυνέχειες

5.3.3 Περιγραφή κύριων ποτάμιων γεωμορφών

5.3.3.1 Ανάλυση μορφής υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων

5.3.3.2 Εντοπισμός πιθανών πειρατειών

5.3.3.3 Εντοπισμός σημείων κάμψης

5.3.3.4 Ποτάμιες αναβαθμίδες

5.3.4 Περιγραφή κύριων παράκτιων γεωμορφών

5.3.4.1 Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια

5.3.4.2 Περιγραφή δελταϊκών ριπιδίων

5.3.4.3 Θαλάσσιες αναβαθμίδες
5.3.4.4 Βυθισμένες και ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές
5.3.4.5 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί
5.3.4.6 Παράκτιες θίνες
5.3.4.7 Άλλες παράκτιες γεωμορφές
5.3.5 Ταξινόμηση των ακτών της βόρειας Εύβοιας
5.3.6 Περιγραφή τριγωνικών πρανών
5.3.7 Εμφανίσεις κορημάτων
5.3.8 Αποτύπωση ελών και λιμνοθαλασσών
5.3.9 Αποτύπωση ανθρωπογενών επεμβάσεων
5.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

5.1 Εισαγωγή

Η γεωμορφολογία αντιπροσωπεύει την ποιοτική ή την ποσοτική μελέτη των γεωμορφών, του αναγλύφου και των ενδογενών και εξωγενών διεργασιών που τη διαμορφώνουν. Επιπλέον ασχολείται με την περιγραφή των γεωμορφών, την ταξινόμησή τους, το σχηματισμό, την ανάπτυξη και την εξέλιξή τους και την ιστορία τους τονίζοντας τις γεωλογικές, φυσικές, βιολογικές και κάποιες φορές χημικές πτυχές της (Morisawa, 1958; Keller & Pinter, 2002). Εκτός από τη γενική γεωμορφομετρία (που αναλύθηκε παραπάνω στο κεφάλαιο 3), υπάρχει επίσης η ειδική γεωμορφομετρία η οποία σύμφωνα με τον Evans (1972) ασχολείται με τη μέτρηση και ανάλυση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών μεμονωμένων γεωμορφών που έχουν σαφή όρια (για παράδειγμα τα αλλουβιακά ριπίδια). Για να γίνουν όμως μετρήσεις σε μια γεωμορφή θα πρέπει αυτή να οριστεί ή να αποτυπωθεί με όσο γίνεται μεγαλύτερη ακρίβεια (Goudie, 2004). Μια ενδιαφέρουσα ταξινόμηση των γεωμορφών του αναγλύφου είναι αυτή που τις διακρίνει σε τεκτονικές γεωμορφές (όπως για παράδειγμα τα ρηξιγενή μέτωπα) και σε γεωμορφές που ελέγχονται από την τεκτονική ή δημιουργούνται έμμεσα από αυτή (όπως για παράδειγμα οι ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές).

Σε πολλές θέσεις στο ευρύτερο Αιγαιακό χώρο επικρατούν οι μεγάλης κλίσης κρημνοί που δημιουργούνται από τη δράση των κανονικών ρηγμάτων, οι οποίοι είναι περισσότερο εμφανείς σε περιοχές ασβεστολιθικών σχηματισμών (Goldsworthy & Jackson, 2000). Σε τεκτονικά ενεργές περιοχές, τα υδρογραφικά δίκτυα και οι λεκάνες απορροής συνήθως επηρεάζονται από τοπικά ρήγματα, δίνοντας γένεση σε χαρακτηριστικές γεωμορφές, οι οποίες συχνά χρησιμοποιούνται ως ενδείξεις τεκτονικής δραστηριότητας (Karymbalis et al., 2016). Μεταξύ των γεωμορφών αυτών είναι οι ανυψωμένες θαλάσσιες αναβαθμίδες, οι ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές, τα σημεία κάμψης, η ισχυρή κατά βάθος διάβρωση και οι αλλουβιακοί κώνοι και αλλουβιακά/δελταϊκά ριπίδια (Leeder et al., 1991; Gaki-Papanastassiou et al., 2007; Burbank & Anderson, 2008).

Στο παρόν κεφάλαιο, δίνεται έμφαση στην αναγνώριση γεωμορφών που οφείλουν το σχηματισμό τους στη δραστηριότητα των ρηξιγενών ζωνών ή μικρότερων ρηγμάτων της περιοχής μελέτης τα οποία απεικονίζονται στον τεκτονικό χάρτη (Σχήμα 2.13). Σκοπός είναι οι γεωμορφές αυτές, ως δείκτες τεκτονικής δράσης, τελικά να συν-αξιολογηθούν με τα

αποτελέσματα των κεφαλαίων που αφορούν την τεκτονική δραστηριότητα, την παραμόρφωση και τη σεισμικότητα. Παρόμοιες μελέτες όπως των Παπαναστασίου και Γάκη – Παπαναστασίου (1993) ή των Μαρουκιάν κ.ά. (1995) έχουν συνδυάσει γεωμορφολογικές παρατηρήσεις με σεισμολογικά δεδομένα και αρχαιολογικά στοιχεία με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση του σεισμοτεκτονικού καθεστώτος των περιοχών μελέτης.

Επιπλέον αναλύονται εκτενώς άλλες γεωμορφές που σχετίζονται με τη μορφολογία του ανερχόμενου τεμάχους του ρήγματος, τα ρηξιγενή μέτωπα, τα τριγωνικά πρανή και οι σχετιζόμενες με αυτά λεκάνες απορροής, που μπορούν μεμονωμένα ή συνδυαστικά να δώσουν στοιχεία για την ενεργό τεκτονική της περιοχής. Πολύ σημαντικός είναι επίσης ο εντοπισμός ανοδικών ή καθοδικών κινήσεων, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στο χαρακτηρισμό μιας περιοχής ως σεισμοτεκτονικά ενεργού και δύναται να μελετηθούν για τον προσδιορισμό του μεγέθους του σεισμού που είναι πιθανό να προκάλεσε τη μετατόπιση. Τα στοιχεία αυτά (π.χ. ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές), προάγουν την έρευνα που εκτός από τη γεωμορφολογία αφορά και τη σεισμικότητα της περιοχής, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρουν στη μελέτη της νεοτεκτονικής, της μορφοτεκτονικής και της παλαιοσεισμολογίας.

Το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης παρουσιάζει, όπως έχει ήδη φανεί, ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι οι γεωμορφολογικές διεργασίες σε συνδυασμό με την τεκτονική δραστηριότητα έχουν δημιουργήσει ένα ευρύ φάσμα γεωμορφών. Οι τελευταίες αποτυπώνονται (χαρτογραφούνται) στο παρόν κεφάλαιο με την εφαρμογή συνδυασμού σύγχρονων μεθόδων χαρτογράφησης. Υπόβαθρα για την αναγνώριση και αποτύπωση των γεωμορφών είναι το ΨΜΕ που προέκυψε από τις ισοϋψείς των 20 μ με ποικιλία μεγεθών κελιού, το ενοποιημένο ΨΜΕ για όλη την περιοχή μελέτης που προέκυψε από τα ΨΜΕ με μέγεθος κελιού 5*5 μ τα οποία χορηγήθηκαν από την Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε. (Copyright ©2012, National Cadastre & Mapping agency S.A). Σημαντικό ρόλο επίσης έχει η έρευνα πεδίου. Παράλληλα γίνεται η ταξινόμηση και ο συσχετισμός των γεωμορφών και επιχειρείται ο προσδιορισμός των διεργασιών που διαμόρφωσαν το ανάγλυφο ή έπαιξαν ρόλο στην εξέλιξή του.

5.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση και περιγράφονται συνοπτικά οι γεωμορφές που απαντώνται στην περιοχή μελέτης.

5.2.1 Οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης και απόθεσης - Κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης και απόθεσης - Μορφολογικές ασυνέχειες

Οι επιφάνειες επιπέδωσης συχνά αποτελούν πολυσυζητημένες μορφές του αναγλύφου (Veselský et al., 2015), ή όπως σημειώνει ο Goudie (2004) αν και από τον ορισμό τους φαίνεται απλή η χαρτογράφηση και η ανάλυσή τους, στην πραγματικότητα δεν είναι. Συνιστούν σημαντικές γεωμορφές καθώς παρέχουν πληροφορίες για τη διαχρονική εξέλιξη του αναγλύφου αφού αποτελούν μορφολογικούς δείκτες των σταδίων και των φάσεων εξέλιξής του (Posea, 1997). Συγκεκριμένα, αντιπροσωπεύουν περιόδους τεκτονικής ηρεμίας και υγρού-θερμού κλίματος κατά της διάρκεια της δημιουργίας των ορεινών όγκων. Ταυτόχρονα αποτελούν δείκτες της συχνότητας των τεκτονικών κινήσεων (επιφάνειες που αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα χαρακτηρίζονται ως ηλικιακά παλαιότερες) (Pavlopoulos et al., 2009). Οι επιφάνειες επιπέδωσης πέρα από το κλίμα, τη βλάστηση και τις λοιπές γεωγραφικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, σχετίζονται με τη λιθολογία, τη γεωλογία και την τεκτονική δραστηριότητα. Η μελέτη τους απαιτεί την ορθή και λεπτομερή χαρτογράφησή τους. Η μεθοδολογία του κεφαλαίου, περιλαμβάνει την ανάλυση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των επιφανειών, την επιλογή των κατάλληλων τεχνικών απεικόνισης με την αξιοποίηση του ΨΜΕ και των παράγωγων χαρτών του, επί τόπου επισκέψεις σε θέσεις όπου αυτό είναι εφικτό και μελέτη εικόνων Google Earth Pro όπου δεν είναι δυνατή η επιτόπια έρευνα και τέλος τη δημιουργία ενός χάρτη γεωγραφικής κατανομής των επιφανειών ομαδοποιημένων με κριτήριο τα υψόμετρα στα οποία αναπτύσσονται. Σημαντική ήταν η αναζήτηση δημοσιευμένων ερευνητικών εργασιών για τη σύγκρισή τους με τα αποτελέσματα της παρούσας προσέγγισης. Το πρώτο βήμα ήταν ο καθορισμός των τυπικών οριζόντιων επιφανειών, δηλαδή μεγάλης έκτασης, εύκολα αναγνωρίσιμων επιφανειών, των οποίων η μέση κλίση είναι μικρότερη από αυτή των γειτονικών περιοχών.

Ο χάρτης μορφολογικών κλίσεων και ο χάρτης προσανατολισμού πρανών μπορούν να βοηθήσουν στη μελέτη των τοπογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής (παρουσιάστηκε στην παράγραφο 3.3.2) και επιπλέον μπορούν να αποτελέσουν τους βασικούς χάρτες ανάλυσης (μεμονωμένα ή συνδυαστικά μεταξύ τους ή με το γεωλογικό χάρτη) για τον εντοπισμό και την πρώτη αναγνώριση γεωμορφών, όπως οι οριζόντιες ή σχεδόν οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης, οι κεκλιμένες επιφάνειες και οι μορφολογικές ασυνέχειες, που συχνά σχετίζονται με τεκτονικές δομές. Η χαρτογράφησή τους, όπως αναλυτικά περιγράφεται παρακάτω, στηρίζεται στη μεθοδολογία που ανέπτυξε ο Βασιλάκης (2006).

- Οι επιφάνειες που χαρακτηρίζονται από κλίση 0^o - 1^o, ομαδοποιούνται συνήθως με βάση το απόλυτο υψόμετρο και διακρίνονται σε επιφάνειες απόθεσης όταν σχετίζονται με απόθεση ιζημάτων (μετά-αλπικοί σχηματισμοί) και σε επιφάνειες επιπέδωσης όταν είναι αποτέλεσμα διάβρωσης των αλπικών σχηματισμών. Για τον εντοπισμό τους αξιοποιήθηκε ο χάρτης μορφολογικών κλίσεων του σχήματος 3.10, επιλέχθηκαν οι επιθυμητές κλίσεις, τα ψηφιδωτά δεδομένα μετατράπηκαν σε διανυσματικά και υπολογίστηκαν επιπλέον στοιχεία κάθε επιφάνειας όπως το εμβαδό, η περίμετρος, το ελάχιστο, μέγιστο και μέσο υψόμετρο καθώς και η διαφορά τιμών μεταξύ μέγιστου και ελάχιστου (range). Τέλος, έγινε επιλογή μόνο των επιφανειών που θεωρούνται αξιόπιστες και αντιπροσωπευτικές για την παρούσα ανάλυση (εξαλείφοντας τα σφάλματα), εκείνες δηλαδή που το εμβαδό τους είναι μεγαλύτερο από 0,037 $χλμ^2$ (μέγεθος κελιού ΨΜΕ 50 μ) και ομαδοποιήθηκαν με βάση το μέσο υψόμετρο στο οποίο αναπτύσσονται.
- Οι κεκλιμένες επιφάνειες χαρακτηρίζονται από μορφολογική κλίση 2^o έως 5^o, εντοπίζονται είτε σε μετά αλπικούς σχηματισμούς και σχετίζονται με απόθεση, είτε σε αλπικούς σχηματισμούς και σχετίζονται με διάβρωση. Για τις κεκλιμένες αυτές επιφάνειες υπολογίστηκε και απεικονίστηκε η φορά της κλίσης τους. Προκειμένου να εντοπιστούν χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά οι χάρτες των σχημάτων 3.10 και 3.11, της μορφολογικής κλίσης και του προσανατολισμού κλίσεων αντίστοιχα. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη χαρτογράφησή τους είναι η αντίστοιχη με αυτή των σχεδόν οριζόντιων επιφανειών, αλλά επιπλέον υπολογίστηκαν ορισμένες παράμετροι του προσανατολισμού τους, μεταξύ των οποίων η διαφορά τιμών μεταξύ μέγιστου και ελάχιστου (range) του προσανατολισμού ενός πολυγώνου (για να

αποφευχθούν σφάλματα που σχετίζονται με συνεχόμενα κελιά που έχουν βαθμιαία αλλαγή φοράς κλίσης). Στο πρώτο στάδιο, επιλέγονται πολύγωνα με διαφορά προσανατολισμού (range) μικρότερη από 40^{o}, αφού αυτή θεωρείται μια ικανοποιητική απόκλιση για τις κεκλιμένες επιφάνειες (Βασιλάκης, 2006). Ακολούθως, επιλέγονται πολύγωνα με διαφορά προσανατολισμού μεγαλύτερη ή ίση από 320^{o} για επιφάνειες που κλίνουν προς το βορρά, για να αποφευχθεί η ύπαρξη τιμών προσανατολισμού μεγαλύτερων από 0^{o} και μικρότερων από 360^{o}, ταυτόχρονα (Βασιλάκης, 2006). Τέλος, για την εκτίμηση της φοράς κλίσης κάθε πολυγώνου- όπως αυτά καθορίστηκαν αθροιστικά από τις παραπάνω δύο επιλογές - υπολογίστηκαν τα κέντρα βάρους τους και το σημειακό πλέον επίπεδο πήρε τη μέση τιμή προσανατολισμού του αντίστοιχου πολυγώνου.

- Οι μορφολογικές ασυνέχειες χαρακτηρίζονται από κλίσεις μεγαλύτερες των 45^{o} και αποτελούν περιοχές έντονης κατά βάθους διάβρωσης ή τοπογραφικών εξάρσεων. Άλλοτε οι ασυνέχειες εμφανίζονται παράλληλες στις επιπεδώσεις, οπότε πιθανά ταυτίζονται με τη διεύθυνση ρηξιγενών ζωνών, άλλοτε είναι εγκάρσιες αυτών και αποτελούν πλευρές κοιλάδων οπότε συνδέονται με κατά βάθος διάβρωση. Στις περιπτώσεις που έχουν παράλληλη διάταξη και αναπτύσσονται παράλληλα σε κοίτες του υδρογραφικού δικτύου οφείλονται στην κατά βάθος διάβρωση και χαρτογραφήθηκαν ως κοιλάδες με απότομες πλαγιές ή φαράγγια. Στην περίπτωση που η κατά βάθος διάβρωση δρα εγκάρσια προς τη γενική διεύθυνση της ασυνέχειας και ταυτόχρονα περιφερειακά των επιφανειών επιπέδωσης αποτελεί ένδειξη ανοδικής κίνησης από τη δράση του τεκτονισμού. Για τον εντοπισμό τους χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης του σχήματος 3.10 και ακολουθήθηκε ανάλογη μεθοδολογία με αυτή του προσδιορισμού των επιφανειών επιπέδωσης.

Η επιτόπια έρευνα και η αναλυτική παρατήρηση/μελέτη εικόνων Google Earth Pro οδήγησαν στη διαπίστωση ότι ορισμένες από τις οριζόντιες επιφάνειες αντιστοιχούν σε θέσεις λατομείων ή λιμνών που έχουν δημιουργηθεί από τη λειτουργία αυτών και για το λόγο αυτό έχουν διαγραφεί από τους χάρτες στους οποίους εμφανίζονται.

5.2.2 Κύριες ποτάμιες γεωμορφές

Το ανάγλυφο επηρεάζεται από διεργασίες διάβρωσης ή απόθεσης που λαμβάνουν χώρα κυρίως μέσω της ποτάμιας δράσης των υδρογραφικών δικτύων. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου και των κοιλάδων, τα σημεία κάμψης και πιθανής πειρατεία καθώς και οι ποτάμιες αναβαθμίδες είναι οι κύριες γεωμορφές που αναλύονται παρούσα παράγραφο.

5.2.2.1 Μορφή υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων, σημεία κάμψης και πιθανής πειρατείας

Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου μιας περιοχής είναι αποτέλεσμα ενός συνδυασμού παραγόντων όπως είναι η τοπογραφία, το κλίμα, η λιθολογία, γεωλογική δομή, η βλάστηση, η ενεργός τεκτονική και οι κατακόρυφες κινήσεις που είναι δυνατόν να λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Ως εκ τούτου η μελέτη της μορφής ενός υδρογραφικού δικτύου είναι σημαντική γιατί αντανακλά ως ένα βαθμό τα γεωτεκτονικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής που αποστραγγίζει παρέχοντας πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατανόηση της ιστορίας της εξέλιξης του ανάγλυφου της περιοχής. Κατά αντιστοιχία και η διαμόρφωση μιας κοιλάδας που λαμβάνει χώρα μέσω των διεργασιών της εκβάθυνσης, της διαπλάτυνσης και της επιμήκυνσης, καθορίζεται από τους ίδιους παράγοντες που καθορίζουν τον τύπο/μορφή του υδρογραφικού δικτύου και άρα παρέχει επίσης στοιχεία για την εξέλιξη του αναγλύφου.

Ο τύπος του υδρογραφικού δικτύου σε συνδυασμό με την παρουσία ορισμένων γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών και γεωμορφών, όπως η έντονη κατά βάθος διάβρωση, η απότομη αλλαγή στη διεύθυνση ροής, τα σημεία κάμψης, οι ανεμοτομές και γενικότερα οι ενδείξεις πειρατείας, δύναται να φανερώσουν την επίδραση της τεκτονικής στη διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου. Η αναγνώριση και αποτύπωση λοιπόν όλων αυτών των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών και η μελέτη του τρόπου δημιουργίας τους, αποτελεί σημαντικό μέρος της μορφοτεκτονική μελέτης μιας περιοχής. Οι ποταμοί έχουν ένα επίμηκες προφίλ ισορροπίας το οποίο παραμένει αμετάβλητο όσο το βασικό επίπεδο παραμένει αμετάβλητο. Η απόκλιση του προφίλ ισορροπίας του οφείλεται στη μεταβολή του βασικού επιπέδου που ελέγχει την ποτάμια διάβρωση (Gilbert, 1877). Για παράδειγμα, η αύξηση του ρυθμού ολίσθησης ενός ρήγματος αυξάνει το ρυθμό ανύψωσης του ανερχόμενου

ρηξιτεμάχους και έτσι ευνοείται η οπισθοδρομούσα διάβρωση του υδρογραφικού δικτύου που αναπτύσσεται σε αυτό. Επιπλέον η αύξηση του ρυθμού τεκτονικής ανύψωσης σε συνδυασμό με τα λιθολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής ενδέχεται να οδηγήσουν σε φαινόμενα πειρατείας. Πειρατεία είναι το φαινόμενου όπου ένας ποταμός διαβρώνει πιο έντονα από τον γειτονικό του με αποτέλεσμα εξαιτίας της συνεχόμενης οπισθοδρομούσας διάβρωσης να τέμνει την κοίτη του και να «συλλαμβάνει» τμήμα του υδρογραφικού του δικτύου. Το σημείο όπου γίνεται η «σύλληψη» συνήθως φαίνεται από μια απότομη αλλαγή στη διεύθυνση του ρέματος συνήθως της τάξεως των 90^{o} (Leeder & Jackson, 1993). Ένδειξη πειρατείας αποτελεί και η παρουσία ανεμοτομής στον υδροκρίτη που χωρίζει τις δύο γειτονικές λεκάνες. Της παρουσίας δηλαδή μιας εγκαταλελειμμένης κοιλάδας (χωρίς πλέον ενεργή κοίτη εντός αυτής) στον υδροκρίτης που συχνά περιλαμβάνει ποτάμιες αποθέσεις.

Εξίσου σημαντική σχέση υπάρχει επίσης μεταξύ της μορφής των κοιλάδων και της τεκτονικής δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, οι κοιλάδες τύπου V, οι οποίες σχετίζονται με έντονη κατά βάθος διάβρωση, αφορούν σχετικά νέες κοιλαδικές μορφές και σε περίπτωση που παρουσιάζουν αναβαθμίδες ή επιφάνειες επιπέδωσης στα ανώτερα τμήματά τους μπορούν να συσχετιστούν με αναγεννημένες κοιλάδες. Τα φαράγγια αποτελούν επίσης ποτάμιες γεωμορφές που έχουν διαμορφωθεί από έντονη κατά βάθος διάβρωση. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα φαράγγια εμφανίζονται σε αναγεννημένες περιοχές και η διαμόρφωσή τους μπορεί να οφείλεται σε συνδυασμό οπισθοδρομούσας και κατά βάθους διάβρωσης λόγω ανοδικών τεκτονικών κινήσεων. Αντίθετα, οι κοιλάδες μορφής U, όταν δεν οφείλονται σε δράση παγετώνων, συνδέονται με το ανάγλυφο ήπιων μορφολογικών χαρακτηριστικών. Κυρίαρχο ρόλο στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών τους παίζει η διαπλάτυνση ενώ η δράση της εκβάθυνσης είναι μειωμένη. Θεωρούνται σχετικά ανενεργές κοιλάδες και σχετίζονται με το προχωρημένο στάδιο εξέλιξης (ωριμότητας) του ποτάμιου κύκλου εξέλιξης του αναγλύφου.

Στην παρούσα διατριβή για την ανάλυση της μορφής του υδρογραφικού δικτύου καθώς και τον εντοπισμό σημείων κάμψης και πειρατείας, χρησιμοποιήθηκε το ήδη ψηφιοποιημένο δίκτυο σε κλίμακα 1:50000 του προηγούμενου κεφαλαίου. Για κάποιες περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος το υδρογραφικό δίκτυο μελετήθηκε σε μεγαλύτερη κλίμακα συνδυάζοντας δεδομένα λεπτομερούς κλίμακας (ΨΜΕ διαφόρων αναλύσεων, σκιασμένου ανάγλυφου, ισοϋψών ανά 5μ και διαφόρων υποβάθρων όπως Google Earth Pro, Bing Maps, Word Imagery

της ESRI) και εργασία πεδίου. Επιπλέον για την αναγνώριση των σημείων κάμψης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό "Knickpoint finder" (Queiroz et al., 2015) το οποίο σχεδιάστηκε ως επέκταση στην πλατφόρμα ArcGIS της ESRI για να επιταχύνει τις αναλύσεις σε μελέτες νεοτεκτονικής. Το εν λόγω εργαλείο βασίζεται στις μεθόδους των Hack (1973) και Etchebehere et al. (2004) και χρησιμοποιώντας το ΨΜΕ και κάποιες ρυθμίσεις όπως η ισοδιάσταση (στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε κελί ΨΜΕ 25 μ*25 μ και ισοδιάσταση 20 μ), εντοπίζει τα σημεία κάμψης κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου μιας περιοχής. Για κάθε σημείο που εντοπίστηκε, υπολογίστηκαν τα RDEs (παράγωγος του δείκτη Hack (SL)-δείκτης σχετικής κλίσης-επέκτασης ο οποίος αποτελεί μία ένδειξη της τρέχουσας ενέργειας σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της κοίτης του υδρογραφικού δικτύου), το RDEt (που αφορά στο συνολικό μήκος ενός ποταμού και λαμβάνει υπόψη τη συνολική κλίση μεταξύ πηγών και εκβολών), ο λόγος RDEs/ RDEt που φανερώνει το βαθμός ανωμαλίας του υδρογραφικού δικτύου που αναλύεται (όταν ο λόγος είναι είναι ≥2 θεωρείται πως υπάρχει ανωμαλία στην ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, συγκεκριμένα όταν είναι μεταξύ 2 και 10 η ανωμαλία αυτή θεωρείται $2^{ης}$ τάξης και όταν είναι >10 η ανωμαλία θεωρείται $1^{ης}$ τάξης).

Για την αναγνώριση και τη χαρτογραφική αποτύπωση της μορφής των κοιλάδων, της κατά βάθος διάβρωσης και των φαραγγιών εκτός των ανωτέρω χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον τα αποτελέσματα της τοπογραφικής ανάλυσης του κεφαλαίου 3. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το σχήμα 3.25 με την ταξινόμηση των χαρακτηριστικών του αναγλύφου της περιοχής μελέτης καθώς επιπλέον τα αποτελέσματα της ανάλυσης επιφανειών επιπέδωσης, των κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης και των μορφολογικών ασυνεχειών.

5.2.2.2 Ποτάμιες αναβαθμίδες

Οι ποτάμιες αναβαθμίδες, απόθεσης ή πετρώδεις, εντοπίζονται μεμονωμένα ή ανά ζεύγη εκατέρωθεν της κοίτης ενός ποταμού και αποτελούν μια απόκριση του αναγλύφου σε κλιματικές αλλαγές, σε τεκτονική δραστηριότητα, σε αλλαγές του βασικού επιπέδου (που προκαλούνται τόσο από τις αλλαγές στο κλίμα όσο και λόγω τεκτονισμού). Οι αλλαγές στο βασικό επίπεδο ή η μεταβολή της παροχής και στερεοπαροχής των ποταμών οδηγούν στη δημιουργία αναβαθμίδων διαφορετικών ηλικιών, με την ανώτερη υψομετρικά να είναι η αρχαιότερη. Η μορφολογία τους αποτελείται από μια επίπεδη επιφάνεια οριοθετημένη από

τα τοιχώματα της κοιλάδας και από ένα απότομης κλίσης μέτωπο προς την πλευρά της κοίτης του ποταμού. Η εγκαταλειμμένη αρχική πεδιάδα μένει σαν ένας επίπεδος πάγκος — αναβαθμίδα — και διαχωρίζεται από την νέα με μια απόκρημνη πλαγιά (Summerfield, 1991). Η επεξεργασία υψηλής ανάλυσης ΨΜΕ οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων αναγνώρισης και χαρτογράφησης αναβαθμίδων, αρκετά οικονομικών και γρήγορων σε σχέση με τη λεπτομερή επιτόπια έρευνα.

Αρχικά για τον εντοπισμό των ποτάμιων αναβαθμίδων χρησιμοποιήθηκαν γεωμετρικές προσεγγίσεις, όπως για παράδειγμα των Demoulin et al. (2007), που συνδύασαν την τοπική κλίση και το υψόμετρο κάθε κελιού σε σύγκριση με το υψόμετρο της κοίτης (τοπογραφικά χαρακτηριστικά σε επιμήκη προφίλ). Η ανάγκη όμως για δημιουργία χαρτών αναβαθμίδων σε ευρύτερη κλίμακα οδήγησε σε περαιτέρω ανάπτυξη τέτοιων προσεγγίσεων και έτσι μεταξύ άλλων (π.χ. Finnegan & Balco, 2013; Clubb et al., 2017), οι Stout & Belmon (2014), δημιούργησαν μια ημι-αυτοματοποιημένη εργαλειοθήκη (TerEx), η οποία χρησιμοποιείται και στην παρούσα μελέτη, με στόχο τον εντοπισμό πιθανών επιφανειών αναβαθμίδων με βάση ένα λεπτομερές ΨΜΕ, το ψηφιοποιημένο υδρογραφικό δίκτυο και διάφορες παραμέτρους, όπως το μέγεθος του εστιακού παραθύρου, το τοπικό ανάγλυφο, την ελάχιστη έκταση και τη μέγιστη απόσταση από την κοίτη. Το εργαλείο αυτό, σε δεύτερο στάδιο, μετά την χειροκίνητη διόρθωση των επιφανειών που βελτιώνει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, υπολογίζει την έκταση των αναβαθμίδων και το ύψος πάνω από την ποτάμια κοίτη.

Στην παρούσα διατριβή αρχικά χρησιμοποιήθηκε το λεπτομερές ΨΜΕ (5*5μ) της περιοχής μελέτης με το υδρογραφικό δίκτυο και με τη χρήση τουεργαλείου TerEx προέκυψε ένας αρχικός χάρτης με τις θέσεις εμφάνισης αναβαθμίδων. Από αυτον απομονώθηκαν επιμέρους περιοχές (λεκάνες απορροής και υδρογραφικά δίκτυα) όπου εντοπίστηκαν επίπεδες τοπογραφικά εκτάσεις πλησίον των κοιτών και έγινε εκ νέου χρήση της ανωτέρω εργαλειοθήκης με δοκιμές διαφορετικών ορίων για επαναπροσδιορισμό των θέσεων με μεγαλύτερη ακρίβεια. Τελικά με τη χρήση «κινητού παραθύρου» (64 $μ^2$) και του ΨΜΕ εντοπίστηκαν επίπεδες επιφάνειες με έκταση μεγαλύτερη από 5000 $μ^2$, σε απόσταση από την κοίτη έως 1500 μ, με τοπικό ανάγλυφο μικρότερο από 0,75 μ και ακολούθως τροποποιήθηκαν χειροκίνητα ως εξής: αφαιρέθηκαν τα πολύγωνα που αντιστοιχούν σε δρόμους, αλλουβιακά ριπίδια, λίμνες και επιφάνειες απόθεσης και επανασχεδιάστηκαν κατά θέσεις με τη χρήση του σκιασμένου ανάγλυφου, του χάρτη αναγλύφου, αεροφωτογραφιών, του χάρτη υποβάθρου

του Arcmap, εικόνων Google Earth Pro, εργασίας πεδίου και με τη μελέτη των ποτάμιων προφίλ που σχεδιάστηκαν για τα περισσότερα τμήματα των κεντρικών κοιτών των δικτύων. Από τις τελικές θέσεις των αναβαθμίδων με τη χρήση του δεύτερου βήματος του εργαλείου προέκυψε ο τελικός χάρτης ο οποίος περιλαμβάνει επιπλέον το ύψος πάνω από την κοίτη στο οποίο αναπτύσσονται καθώς και την έκτασή τους.

5.2.3 Κύριες παράκτιες γεωμορφές

Οι γεωμορφές που μελετώνται στην παράγραφο περιλαμβάνουν τα παράκτια αλλουβιακά και δελταϊκά ριπίδια, τις θαλάσσιες αναβαθμίδες, τις ανυψωμένες και βυθισμένες παλιρροιακές εγκοπές, τους παράκτιους ακτόλιθους, τις παράκτιες θίνες, τις θαλάσσιες στήλες, τις αψίδες, τους παράκτιοι πάγκους και τα παράκτια σπήλαια.

Η μορφολογία της παράκτιας ζώνης, υφίσταται πολλές και γρήγορες μεταβολές εξαιτίας της διάβρωσης, της μεταφοράς και της απόθεσης ιζημάτων προς και από τη θάλασσα. Μεταξύ των φυσικών παραγόντων που ευθύνονται για την εν λόγω μεταβολή και για τη δημιουργία πλήθους γεωμορφών, είναι η δράση των κυμάτων και των παράκτιων ρευμάτων, η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας, οι κλιματικές μεταβολές, η φύση των γεωλογικών σχηματισμών που καταλήγουν στη θάλασσα και η τεκτονική δραστηριότητα.

Ένα μεγάλο μέρος των ακτογραμμών της γης (περίπου 1/3 έως 2/3) βρίσκεται κατά μήκος ή κοντά σε τεκτονικά και σεισμικά ενεργά περιθώρια, ενώ μεγάλα πληθυσμιακά κέντρα βρίσκονται κατά μήκος αυτών των ενεργών ακτογραμμών και είναι τρωτά στις δυσμενείς επιπτώσεις των μεγάλων σεισμών. Οι τεκτονικά ενεργές ακτογραμμές χαρακτηρίζονται από τραχείς (ανώμαλες) γεωμορφές διάβρωσης όπως απότομοι παράκτιοι κρημνοί και από υπολειμματικές μορφές όπως ακρωτήρια, θαλάσσιες αψίδες και θαλάσσιοι σωροί (Lajoie, 1986). Μεγαλύτερης διάρκειας τεκτονική αστάθεια κατά μήκος τέτοιων ακτογραμμών εκφράζεται με πτυχώσεις και ρήγματα στα θαλάσσια ιζήματα που έχουν αποτεθεί σε τεκτονικής προέλευσης θαλάσσιες λεκάνες και γεωμορφολογικά εκφράζονται με την παρουσία ανυψωμένων θαλάσσιων αναβαθμίδων ηλικίας Πλειστοκαίνου. Βραχυπρόθεσμη αστάθεια σε τεκτονικά ενεργές ακτογραμμές, εκφράζεται με την παρουσία πρόσφατων ανυψωμένων αναβαθμίδων/παράκτιων πάγκων ηλικίας Ολόκαινου και με έντονη κατακόρυφη

αλλαγή στην θέση της ακτογραμμής από απότομη μετακίνηση (ανυψωμένες ή βυθισμένες παλιρροιακές εγκοπές) (Lajoie, 1986).

5.2.3.1 Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια

Παράκτιο αλλουβιακό ριπίδιο είναι μία γεωμορφή που διαμορφώνεται από την απόθεση ιζήματος ποτάμιας προέλευσης απευθείας στη θάλασσα. Μορφολογικά η γεωμορφή αυτή μοιάζει με το σχήμα κώνου ή βεντάλιας (με ακτίνα μικρότερη από 8 χλμ) με κορυφή το σημείο εξόδου του ποταμού από τον οποίο έχει σχηματιστεί (Summerfield, 1991). Τα αλλουβιακά ριπίδια σχηματίζονται στις περιοχές που τα ποτάμια μεγάλης σχετικά μορφολογικής κλίσης συμβάλουν με την κεντρική κοίτη ενός μεγαλύτερου ποταμού (Blair & McPherson, 1994). Σύμφωνα με τον Harvey (1997), πρόκειται για γεωμορφές απόθεσης που δημιουργούνται όταν μεγάλης κλίσης και ενέργειας ποταμοί εισέρχονται σε ζώνη χαμηλής ενέργειας (μικρής μεταφορικής ικανότητας), αποτελώντας το μεταβατικό περιβάλλον μεταξύ της ορεινής περιοχής και της παρακείμενης πεδινής.

Αν και τα ριπίδια σχηματίζονται στη συμβολή παραποτάμων με τους κύριους ποταμούς σε χερσαίο περιβάλλον, πολλές φορές διαμορφώνονται από την απόθεση αδρομερών κυρίως ιζημάτων, στις εκβολές των ποταμών στη θάλασσα οπότε ονομάζονται δελταϊκά ριπίδια. Για την ανάπτυξη των αλλουβιακών ριπιδίων απαιτούνται τρεις προϋποθέσεις (Blair & McPherson, 1994): (α) ύπαρξη μιας μικρής κλίσης τοπογραφία, στην έξοδο του ποταμού από το ορεινό τμήμα όπου η ροή δεν περιορίζεται σε μια καλά καθορισμένη κοίτη, (β) ικανοποιητική παραγωγή ιζήματος εντός της λεκάνης απορροής για τη δημιουργία του ριπιδίου και (γ) έντονη βροχόπτωση για τη δημιουργία υψηλής παροχής νερού που απαιτείται για τη μεταφορά του ιζήματος από τη λεκάνη απορροής στην περιοχή του ριπιδίου. Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του ριπιδίου είναι συνάρτηση πολλών μεταβλητών συμπεριλαμβανομένης της έκτασης της λεκάνης απορροής (μελετώνται ως σύστημα γιατί σύμφωνα με τους Crosta & Frattini (2004) το μέγεθος της λεκάνης απορροής είναι σημαντικός παράγοντας για την ταξινόμηση των ριπιδίων), της γεωλογίας της περιοχής, της κλίσης, του κλίματος, της βλάστησης και της τεκτονικής. Τα προφίλ τους είναι συνήθως κοίλα, υπάρχουν όμως και ριπίδια που κατά θέσεις η κλίση αλλάζει σε σημεία που οι νεώτερες αποθέσεις στην ποδιά του ριπιδίου διαχωρίζονται από τις παλαιότερες στην κορυφή του ριπιδίου (Keller & Pinter, 2002).

Στην περίπτωση που στους πρόποδες ενός όρους υπάρχουν ενεργά ρήγματα, ο σχηματισμός του αλλουβιακού ριπιδίου έχει άμεση σχέση με τη δραστηριότητα των ρηγμάτων αυτών και η μορφολογία συχνά αποτελεί δείκτη της ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας, αφού η μορφή του αντικατοπτρίζει τους ρυθμούς δράσης των τεκτονικών διεργασιών(Karymbalis et al., 2018). Αν για παράδειγμα ο ρυθμός ανύψωσης στους πρόποδες του όρους είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό διάβρωσης, τότε η απόθεση συμβαίνει κοντά στους πρόποδες ενώ αν ο ρυθμός διάβρωσης είναι μεγαλύτερος τότε τα νεότερα ιζήματα θα βρίσκεται σε πιο απομακρυσμένο σημείο και θα παρουσιάζουν τηλεσκοπική προσαύξηση (Keller & Pinter, 2002). Είναι προφανές πως τα αλλουβιακά ριπίδια είναι πολύ ευαίσθητα στην ανύψωση λόγω της πτώσης του βασικού επιπέδου και αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές περίπλοκες αλλαγές στον τρόπο σχηματισμού τους (Mather et al., 2000; Mather et al., 2002).

Στην παρούσα διατριβή αναγνωρίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν τριάντα έξι (36) αλλουβιακά ριπίδια ηλικίας ανώτερου Ολόκαινου που αναπτύσσονται κατά μήκος των ανατολικών ακτών του τεκτονικά ενεργού βόρειου Ευβοϊκού και των βόρειων ακτών του νησιού. Για τη λεπτομερή αποτύπωσή τους και την ανάλυσή τους, χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες ισοδιάστασης 4 μ που προέκυψαν από το λεπτομερές ΨΜΕ (5*5μ) σε συνδυασμό με τοπογραφικούς και γεωλογικούς χάρτες σε διάφορες κλίμακες. Τα ριπίδια ταξινομήθηκαν με βάση τις πρωτογενείς διεργασίες απόθεσης (ποτάμια τροφοδοσία ή/και διεργασίες που σχετίζονται με κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας) και επιπλέον βάσει της θέσης του συστήματος ριπίδιο-λεκάνη σε σχέση με τα ανερχόμενα ή κατερχόμενα τεμάχη των ενεργών ρηγμάτων της περιοχής. Το εμβαδό των ριπιδίων υπολογίστηκε μετά από λεπτομερή χαρτογράφησή τους και η κλίση μετρήθηκε ως η μέση κλίση κάθε ριπιδίου κατά μήκος του αξονικού τμήματος αυτού.

5.2.3.2 Δελταϊκά ριπίδια

Η ανάπτυξη της παράκτιας μορφολογίας της περιοχή μελέτης καθορίζεται σε ορισμένες θέσεις από το σχηματισμό δελταϊκών μορφών που αναπτύσσονται στις εκβολές των ποταμών και χειμάρρων όπως είναι τα δελταϊκά ριπίδια.

Τα ποτάμια δέλτα σχηματίζονται όταν ένας ποταμός εισέρχεται στη θάλασσα (ή σε λίμνη) οπότε μειώνεται η μεταφορική του ικανότητας και αποθέτει το φορτίο του ιζήματος που

μεταφέρει. Το φορτίο πυθμένα αποτίθεται πολύ γρήγορα αλλά ο χρόνος απόθεσης του αιωρούμενου φορτίου εξαρτάται σημαντικά από τις σχετικές πυκνότητες του ποταμού, της θάλασσας ή της λίμνης (Summerfield, 1991). Οι παράγοντες που εμπλέκονται στο σχηματισμό και την εξέλιξη των ποτάμιων δέλτα είναι πολλοί και αυτό τα καθιστά πολύπλοκα περιβάλλοντα, ενώ ταυτόχρονα το γεγονός πως προσελκύουν ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες τα καθιστά κοινωνικο-οικονομικά σημαντικά και περιβαλλοντικά ευαίσθητα.

Τα δελταϊκά ριπίδια, με ποικίλα μορφολογικά χαρακτηριστικά, είναι μικρής έκτασης και μεγάλης μορφολογικής κλίσης ποτάμια δέλτα τα οποία αποτελούνται από χονδρόκοκκα ιζήματα (ενδεικτικά της υψηλής ποτάμιας ενέργειας που μεταφέρει το υλικό στην ακτή) αντίθετα από τα ποτάμια δέλτα που χαρακτηρίζονται από λεπτομερές υλικό (Καρύμπαλης, 2010).

Στην παρούσα διατριβή επιχειρήθηκε η λεπτομερής αποτύπωση του συνόλου των γεωμορφών των δελταϊκών ριπιδίων που αναπτύσσονται στις ακτές της περιοχής μελέτης, τόσο με υπαίθρια παρατήρηση, όσο και χρησιμοποιώντας τοπογραφικά δεδομένα (τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50000 και 1:5000 και ιστορικοί χάρτες των ετών 1852, 1884 και 1929) και εικόνες Google Earth Pro και Word Imagery (basemap ArcMap). Σκοπός της μελέτης, τόσο αυτών όσο και των αντίστοιχων λεκανών απορροής, τους ήταν να καθοριστούν οι κύριες μορφοδυναμικές διεργασίες που ευθύνονται για τη διαμόρφωση του δελταϊκού περιβάλλοντος.

Όλες οι μετρήσεις των μορφομετρικών παραμέτρων των ριπιδίων, των λεκανών απορροής και των υδρογραφικών δικτύων έγιναν αξιοποιώντας τη βάση δεδομένων που κατασκευάστηκε για την περιοχή. Ο υπολογισμός της βροχόπτωσης έγινε από τους πλησιέστερους μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου (Meteo, 2018), ήτοι σταθμός Βατερή για το ριπίδιο του Βούδωρου, σταθμοί Ψαχνά και Σέττα (μέσος όρος) για το ριπίδιο Μεσσάπιου και από το σταθμό της Ιστιαίας (pireas.meteoclub, 2018) για το ριπίδιο του Ξηροπόταμου. Η μέση ετήσια απορροή προέρχεται από τα δελτία καταγραφής επιφανειακών υδατικών συστημάτων της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (2012) μεμονωμένα ή αθροιστικά ορισμένων δικτύων και τέλος το εύρος της παλίρροιας δίνεται για το Αιγαίο και για τον Ευβοϊκό κόλπο βάσει της ανάλυσης παλίρροιας που έγινε από τον Tsimplis (1994) και Tsimplis (1997), αντίστοιχα.

5.2.3.3 Θαλάσσιες αναβαθμίδες

Οι θαλάσσιες αναβαθμίδες, αποτελούν μορφές που οφείλονται στην αλλαγή του επιπέδου της θάλασσας και αντιστοιχούν σε παλαιότερες στάθμες (είναι δηλαδή απολιθωμένες ακτογραμμές). Είναι δυνατό να έχουν δημιουργηθεί από πρόσφατη ανύψωση κατά μήκος τεκτονικά ενεργών ακτογραμμών και παρέχουν δεδομένα για το ρυθμό και την ένταση των τεκτονικών κινήσεων του παρελθόντος (Παυλίδης, 2003) και κατά συνέπεια για τη γεωμορφολογική εξέλιξη των παράκτιων περιοχών. Για την αποτύπωση των θαλάσσιων αναβαθμίδων χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με υπαίθριες γεωλογικές παρατηρήσεις το ΨΜΕ, το σκιασμένου ανάγλυφου, αεροφωτογραφίες, ο χάρτης υποβάθρου του Arcmap και εικόνες Google Earth Pro.

5.2.3.4 Ανυψωμένες και βυθισμένες παλιρροιακές εγκοπές

Οι παλιρροιακές εγκοπές αποτελούν εσοχές ή μικρότερες υποσκαφές βάθους μερικών εκατοστών έως αρκετών μέτρων, που έχουν διαμορφωθεί σε παράκτιους κρημνούς από τη θαλάσσια διάβρωση και παρατηρούνται σε επίπεδο παράλληλο με τη στάθμη της θάλασσας. Σχηματίζονται σε ανθρακικά πετρώματα όπως οι ασβεστόλιθοι, με διεργασίες που λειτουργούν ακριβώς πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας ή ακριβώς σε αυτή και έχουν καθιερωθεί ως γεωμορφές-ενδείξεις για τη διερεύνηση των αλλαγών της στάθμης της θάλασσας και των τεκτονικών κινήσεων σε παράκτιες περιοχές, ιδίως στη Μεσόγειο που αποτελεί μια περιοχή με περιορισμένο παλιρροιακό εύρος (Rust & Kershaw, 2000).

Οι παλιρροιακές εγκοπές δύνανται να βρεθούν τόσο πάνω, όσο και κάτω από το επίπεδο της σημερινής στάθμης θάλασσας, ανάλογα με την αλληλεπίδραση της αλλαγής της τελευταίας και της τεκτονικής δραστηριότητας μετά το σχηματισμό τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι εγκοπές συνδέονται με δημιουργία κρούστας ή με την παρουσία θαλάσσιων οργανισμών που ανοίγουν οπές στο πέτρωμα και τα υπολείμματά τους μπορούν να χρονολογηθούν με μεθόδους ραδιοχρονολόγησης, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να εκτιμηθεί ο βαθμός ανύψωσης σε περιπτώσεις όπου οι εγκοπές διατηρούνται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας (Rust & Kershaw, 2000).

Ο βαθμός υποσκαφής της βραχώδους ακτής ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του πετρώματος από το οποίο συνίσταται αλλά και από τα κυματικά και άλλα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά

της εκάστοτε παράκτιας περιοχής. Είναι αποδεκτό ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος των κυμάτων και όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της παλίρροιας, τόσο μεγαλύτερη είναι και η διαφορά του ύψους μεταξύ της οροφής και του δαπέδου της εγκοπής (Thomas & Goudie, 2000). Έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία ρυθμοί υποσκαφής της τάξης των 0,2-5,0 χιλιοστά/έτος, οι συνήθεις όμως τιμές είναι 1,0-1,5 χιλιοστά/έτος σε τροπικές περιοχές και 1 χιλιοστό/έτος στη Μεσόγειο (Pirazzoli, 2005; Pirazzoli, 2007).

Οι μετατοπισμένες ακτογραμμές συνδέονται με τους σεισμούς, καθώς αυτοί μπορούν να προκαλέσουν μακροχρόνιες αλλαγές μέσω συν-σεισμικής βύθισης ή ανύψωσης της ξηράς ή μεταβολές στην παράκτια μορφολογία (Cundy, 2005). Όταν σε μια περιοχή έχουν λάβει χώρα κατά τη διάρκεια του Ολόκαινου τέτοιες κινήσεις, η περιοχή μπορεί να θεωρηθεί ως σεισμοτεκτονικά ενεργή και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να προβλεφθούν πιθανές περιοχές επικείμενων σεισμών μεγάλου μεγέθους ή να προβλεφθούν οι κατακόρυφες κινήσεις του φλοιού που είναι πιθανό να συνδέονται με τέτοιους σεισμούς (Pirazzoli et al., 1994).

Συνεπώς στις πολύ ισχυρές ενδείξεις-δείκτες συν-σεισμικής ανύψωσης μιας βραχώδους ακτογραμμής συγκαταλέγονται οι ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές που είναι καλά διατηρημένες, συμπεριλαμβανομένων των λεπτομερειών των σκελετών οργανισμών των παράκτιων πετρωμάτων μιας βραχώδους ακτής εκτεθειμένης στη θραύση των κυμάτων. Οι γραμμές που αποτελούν το ανώτερο όριο των ανυψωμένων οπών των *Lithophaga* που έχουν διατηρήσει μέσα σε αυτές το κέλυφός τους αποτελεί μια πολύ καλή ένδειξη με την προϋπόθεση ότι τα κελύφη δεν αναπτύχθηκαν σε ένα περιβάλλον ενδοβιωτικό ή με την προϋπόθεση ότι δεν προστατεύτηκαν από ιζήματα που τα κάλυψαν και στη συνέχεια αποκαλύφτηκαν με την απομάκρυνση των αποθέσεων (Laborel & Laborel-Deguen, 1994).

Στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται τόσο ανυψωμένες όσο και βυθισμένες παλιρροιακές εγκοπές οι θέσεις των οποίων αποτυπώθηκαν μέσω εργασίας πεδίου (μόνο οι ανυψωμένες), σε συνδυασμό με βιβλιογραφικά δεδομένα. Αν και επισημάνθηκαν αρκετές θέσεις με οπές οργανισμών κατά θέσεις με διατηρημένα κελύφη, δεν ήταν δυνατή η χρονολόγησή τους διότι η ποσότητα του κελύφους που υπήρχε στις οπές ήταν μικρή με αποτέλεσμα να μην επαρκεί για την ραδιοχρονολόγηση με την μέθοδο AMS, ωστόσο παρουσιάζονται και αξιοποιούνται οι ηλικίες αυτών, όπως έχουν προσδιοριστεί από μελέτες που εντοπίστηκαν βιβλιογραφικά.

5.2.3.5 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί και άλλες παράκτιες γεωμορφές

Οι παράκτιες γεωμορφές απόθεσης που απαντώνται στην περιοχή είναι οι ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί ή ακτόλιθοι (συνεκτικοί σχηματισμοί κυμαινόμενης αντοχής και πρόσφατης γεωλογικής ηλικίας) και οι φραγματικές γεωμορφές τόμπολο (αμμώδης επιμήκης σχηματισμός που συνδέει την ακτή με ένα νησί που βρίσκεται απέναντί της). Αναφορικά με τα συγκολλημένα συνεκτικά υλικά ακτών πρέπει να σημειωθεί πως αυτά αποτελούν δείκτες παλαιοακτών, όταν βρεθούν σε άλλη θέση από εκείνη που σχηματίστηκαν, οπότε δείχνουν μεταβολή της στάθμης θάλασσας (Παυλίδης, 2003; Καρύμπαλης, 2010).

Άλλες παράκτιες γεωμορφές, αιολικής προέλευσης, είναι οι παράκτιες θίνες. Πρόκειται για αμμμόλοφους που μοιάζουν με ράχες και δημιουργούνται από την αιολική απόθεση υλικού στο χερσαίο τμήμα της παράκτιας ζώνης πάνω από τη στάθμη της πλημμυρίδας. Προϋπόθεση για το σχηματισμό τους είναι η ύπαρξη αμμώδους ιζήματος.

Στην περιοχή μελέτης απαντώνται σωροί ή θαλάσσιες στήλες (απομονωμένη βραχώδης έξαρση μέσα στη θάλασσα) και αψίδες, που αποτελούν υπολειμματικές μορφές διαφορικής διάβρωσης βραχωδών ακτών. Επίσης, απαντώνται παράκτιοι πάγκοι που είναι οριζόντιες γεωμορφές που προκύπτουν από τη διαβρωτική δράση των κυμάτων κατά μήκος των βραχωδών ακτών. Τέλος στην περιοχή εντοπίζονται παράκτια σπήλαια που προκύπτουν από τη συνδυασμένη δράση υδραυλικής πίεσης, εκσκαφής και απόξεσης των εκτεθειμένων στις ακτές ασβεστόλιθων.

5.2.4 Ταξινόμηση των ακτών με κριτήριο τη λιθολογία και τη μορφολογική κλίση

Πέρα από την επίδραση της γεωλογίας, στις παράκτιες ζώνες αναπτύσσονται ποικίλες γεωμορφές και παρατηρούνται ταχείες μορφολογικές αλλαγές, λόγω της ύπαρξης υψηλού δυναμικού και ενέργειας (θαλάσσιες διεργασίες), κλιματικής μεταβλητότητας, προσφοράς ιζήματος στις ποτάμιες εκβολές και λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης.

Οι Ευρωπαϊκές ακτές γενικά έχουν ταξινομηθεί σε βραχώδεις (με παρουσία ή όχι κρημνών), παράκτιους κρημνούς (με χαμηλό βαθμό διάβρωσης και μικρού μήκους παραλίες), παραλιακές ζώνες (εκτεταμένες ή μικρού μήκους διαχωριζόμενες από βραχώδη ακρωτήρια) και πηλώδεις ακτές (παράκτια έλη) (Lenôtre et al., 2004). Στην περιοχή μελέτης απαντώνται

όλες οι ανωτέρω κατηγορίες ακτών. Μια ιδιαίτερη κατηγορία που χρειάζεται να αναφερθεί και χαρακτηρίζει την περιοχή μελέτης είναι οι παράκτιοι ρηξιγενείς κρημνοί, αυτοί δηλαδή που έχουν δημιουργηθεί από ρήγματα και των οποίων η μεγάλη μορφολογική κλίση συνεχίζεται υποθαλάσσια σε μεγάλο βάθος νερών μέχρι των πυθμένα (Καρύμπαλης, 2010).

Πέραν της περιγραφής των ακτών, υπολογίστηκε το ποσοστό (%) του κάθε γεωλογικού σχηματισμού και οι τοπογραφικές κλίσεις (ως αποτέλεσμα τόσο της τεκτονικής όσο και της αλληλεπίδρασης του κυματισμού με την λιθολογία) που απαντούν στην παράκτια ζώνη (και παρουσιάζεται η ζώνη 2 χλμ από την ακτογραμμή).

5.2.5 Τριγωνικά πρανή

Τα χαρακτηριστικά τριγωνικά (άλλοτε τραπεζοειδή) πρανή βρίσκονται στα ορεινά μέτωπα και εντοπίζονται μεταξύ δύο γειτονικών λεκανών απορροής που έχουν ένα κοινό ορεογραφικό μέτωπο. Πιο «έντονα» εμφανή και πιο «μεγάλα» τριγωνικά πρανή παρουσιάζονται σε τεκτονικά ενεργά μέτωπα (Burbank & Anderson, 2008) και αποτελούν ουσιαστικά τοπογραφική έκφραση των ενεργών ρηγμάτων μιας περιοχής που δημιουργείται και διατηρείται στο μέτωπο του ρήγματος (Bull & McFadden, 1977). Η ύπαρξη των εν λόγω επιφανειών με μεγάλο ύψος, οι οποίες διαχωρίζονται από βαθιές χαράδρες με μορφή φαραγγιού wine-glass αποτελεί απόδειξη αθροιστικής μετατόπισης του μετώπου του ρήγματος κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατοντάδων χιλιάδων ετών (Gaki-Papanastassiou et al., 1996). Ωστόσο, τα τριγωνικά πρανή εκτός από την τεκτονική παραμόρφωση είναι δυνατό να σχετίζονται με διάβρωση μικρής ανθεκτικότητας γεωλογικών σχηματισμών ή με κινήσεις μαζών. Στις περιπτώσεις αυτές αντιπροσωπεύουν μια επίπεδη ή διαβρωμένη επιφάνεια που σχηματίζει ένα μέτωπο.

Στην παρούσα διατριβή, η χαρτογράφηση των τριγωνικών μορφών έγινε σε την αξιοποίηση του ΨΜΕ, του σκιασμένου ανάγλυφου σε συνδυασμό με εικόνες Google Earth Pro, το Bing Maps, το Word Imagery του ArcMap και υποστηρίχθηκε από εργασία πεδίου. Αν και έχουν αναπτυχθεί εμπειρικές σχέσεις που συσχετίζουν τα χαρακτηριστικά των τριγωνικών πρανών (ύψος και κλίση) με το ρυθμό ολίσθησης των κανονικών ρηγμάτων (Tsimi & Ganas, 2015), εντούτοις στην παρούσα διατριβή περιγράφεται μόνο η γεωμετρία των επιφανειών αυτών χωρίς περαιτέρω ανάλυση αφού δεν αποτελούν όλες τους τυπικές μορφές που αναπτύσσονται

στο ανερχόμενο τέμαχος κατά μήκος κανονικών ρηγμάτων, όπως στο όρος Τελέθριο, αλλά και γιατί κατά θέσεις παρουσιάζονται πολύ έντονα διαβρωμένες, όπως στο όρος Δίρφυς. Αναφορικά με την κλίση τους, αυτή αποτελεί τη μέση κλίση της επιφάνειας κάθε μετώπου, το ύψος υπολογίστηκε ως η διαφορά του μικρότερου από το μεγαλύτερο υψόμετρο και το μήκος αφορά το μήκος της βάσης κάθε τριγωνικού μετώπου.

5.2.6 Εμφανίσεις κορημάτων

Πρόκειται για παλαιούς και νέους κώνους κορημάτων ή πλευρικά κορήματα και απαντώνται σε μέτωπα κρημνών ή στη βάση αυτών και κατά μήκος. Η δημιουργία τους οφείλεται σε διάφορους παράγοντες μεταξύ των οποίων και η περίπτωση ανύψωσης ή βύθισης από τη δράση ρηγμάτων. Στην περιοχή μελέτης τα κορήματα στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελούνται από ασύνδετα αδρομερή – γωνιώδη και λεπτομερή χαλαρά υλικά. Οι νέοι κώνοι μπορεί να σχετίζονται με διεργασίες αποσάθρωσης ή να καταλήγουν στη θάλασσα δημιουργώντας αλλουβιακούς κώνους, ενώ οι παλαιοί κώνοι εντοπίζονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα.

Στην αντίστοιχη παράγραφο αποτελεσμάτων θα περιγραφούν και οι περιοχές όπου εντοπίζονται υλικά κατολισθήσεων.

5.2.7 Έλη και λιμνοθάλασσες

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα έλη και οι λιμνοθάλασσες (εκτός αυτών που εντάσσονται στην περιοχή των δελταϊκών ριπιδίων) όπως έχουν προκύψει από συνδυασμό βιβλιογραφικής έρευνας και εργασίας πεδίου.

5.2.8 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις

Η εξέλιξη του αναγλύφου, σε πολλές περιπτώσεις, αλλοιώνεται από τις ανθρώπινες επεμβάσεις και κατασκευές. Στην περιοχή μελέτης είναι χαρακτηριστικός ο μεγάλος αριθμός λατομείων μετάλλων, λευκόλιθου και μαρμάρων καθώς και τεχνητών λιμνών που δημιουργήθηκαν από την εξορυκτική δραστηριότητα συνολικά, ενώ επίσης εντοπίζεται ένας

μεγάλος αριθμός λιμενοβραχιόνων, μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας και ορισμένες θέσεις αρχαιοτήτων που αφορούν σε παράκτιους αρχαιολογικούς χώρους και βυθισμένα ερείπια.

5.3 Αποτελέσματα

Παρακάτω συνοψίζονται τα αποτελέσματα της μελέτης των μορφολογικών χαρακτηριστικών του αναγλύφου και των γεωμορφών των διαφόρων περιβαλλόντων της περιοχής έρευνας. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στις περιοχές ανάπτυξης Νεογενών λεκανών, στις επιφάνειες επιπέδωσης που αναγνωρίστηκαν και ταξινομήθηκαν, στις μορφολογικές ασυνέχειες, στη μορφή του υδρογραφικού δικτύου και στη μορφή των κοιλάδων, στα σημεία κάμψης και στις θέσεις πιθανών πειρατειών. Περιγράφονται οι κύριες ποτάμιες και παράκτιες γεωμορφές, η ταξινόμηση των ακτών βάσει της μορφολογικής τους κλίσης και της λιθολογίας των γεωλογικών σχηματισμών που καταλήγουν στη θάλασσα, τα τριγωνικά πρανή, οι εμφανίσεις κορημάτων, λοιπά γεωμορφολογικά στοιχεία, και τέλος οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην περιοχή μελέτης.

5.3.1 Νεογενείς λεκάνες στην περιοχή μελέτης

Η αναφορά στις Νεογενείς λεκάνες, που καλύπτουν μεγάλη έκταση της βόρειας Εύβοιας, βασίζεται κυρίως στη συγκέντρωση και αξιολόγηση βιβλιογραφικών στοιχείων σχετικά με τα χαρακτηριστικά και το σχηματισμό τους.

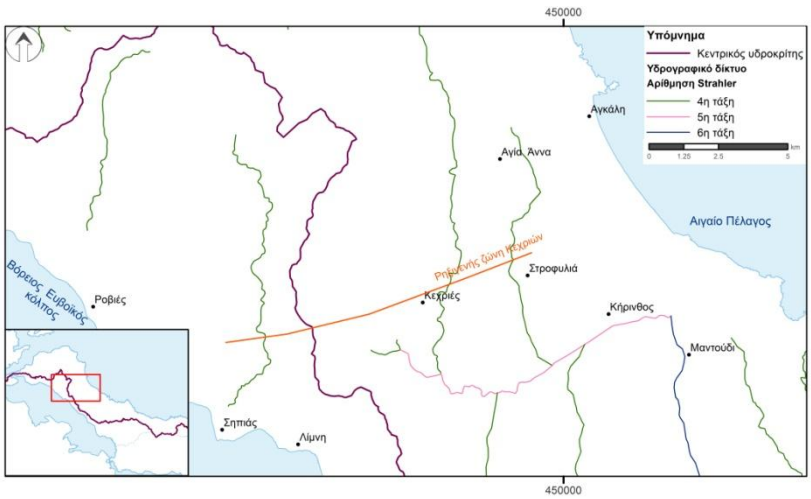
- **Λεκάνη ποταμού Νηλέα**

Η μεγαλύτερη λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης είναι αυτή του ποταμού Νηλέα (No132-Σχήμα 4.1). Αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος της από Νεογενείς αποθέσεις της λεκάνης Λίμνης – Ιστιαίας (Σχήμα 2.3) η οποία σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια της τελευταίας νεοτεκτονικής φάσης. Παρότι με βάση την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα του κεφαλαίου 4, η μεγάλης έκτασης λεκάνη του ποταμού Νηλέα φαίνεται ότι ανήκει στην τάξη χαμηλής τεκτονικής δραστηριότητας, επηρεάζεται τόσο από τις κύριες ρηξιγενείς ζώνες, όσο και από πολλά άλλα μικρότερα ρήγματα (Palyvos et al., 2006). Ταυτόχρονα η ευδιάβρωτη φύση της λιθολογίας των γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης δεν ευνοεί τη διατήρηση των

μορφολογικών εκείνων χαρακτηριστικών που αντανακλούν την τεκτονική δράση. Οι διαβρωτικές διεργασίες αντισταθμίζουν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που οφείλονται την τεκτονική δράση δίνοντας μια εικόνα που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

Εντός της λεκάνης έχει αναγνωριστεί από τους Palyvos et al. (2002) μια ρηξιγενής ζώνη χαμηλού αναγλύφου (βύθισμα), διαστάσεων 17 χλμ*15 χλμ, διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ (όπως φαίνεται στους τεκτονικούς χάρτες της περιοχής σχήματα 2.13 και 3.33, σχεδόν εγκάρσια στις κύριες ενεργές ρηξιγενείς ζώνες που οριοθετούν τις ακτές μεταξύ των ορέων Κανδήλι και Δίρφυς στα ΝΑ και των ορέων Τελέθριο και Ξηρό στα ΒΔ). Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς, η εν λόγω ζώνη αποτελεί προέκταση μιας ρηξιγενούς ζώνης (της ζώνης Υαμπόλεως) που έχει αναγνωριστεί δυτικότερα (στη Στερεά Ελλάδα). Η νέο-τεκτονική παραμόρφωση της περιοχής αποδεικνύεται τόσο από τη μορφολογία, όσο και από τις δεξιόστροφες μεταθέσεις/μετατοπίσεις ποτάμιων κοιλάδων που τέμνονται από το οριζοντιολισθητικό ρήγμα των Κεχριών (Σχήμα 5.1). Η ΝΑ πλευρά του βυθίσματος (ζώνη Προκοπίου-Πηλίου) δεν έχει ιδιαίτερα έντονα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά/ενδείξεις, έχει όμως μια έμμεση επίδραση στο σεισμικό κίνδυνο αφού ελέγχει τη βόρεια απόληξη της ρηξιγενούς ζώνης Δίρφυος (αποτελεί ένα είδος φραγμού στην προς βορρά διάδοση των διαρρήξεων της τελευταίας). Άρα η θέση τομής των δύο ζωνών (όρμος Πηλίου) αποτελεί διαπιστωμένο όριο σεισμικού ρηξι-τμήματος (Palyvos et al., 2006).

Αμέσως ΒΑ του ποταμού Κηρέα στο κατερχόμενο τέμαχος της ρηξιγενούς ζώνης Προκόπι – Πήλι (Σχήμα 2.13), παρατηρείται μια ενιαία μορφολογική ανωμαλία με μεγάλου πλάτους κοιλάδες και ήπιες κλίσεις κλιτύων, η οποία δε σχετίζεται με αλλαγή στη λιθολογία.



Σχήμα 5.1. Μεταθέσεις κοιλάδων προς τα δυτικά μετά το μέτωπο της ασυνέχειας των Κεχριών.

- **Λεκάνη Λίμνης-Ιστιαίας**

Η Νεογενής λεκάνη Λίμνης – Ιστιαίας (Σχήμα 2.3), καλύπτεται από ιζήματα ηλικίας ανώτερου Μειόκαινου-ανώτερου Πλειόκαινου (ποταμοχερσαίες αποθέσεις ηλικίας ανώτερου Μειόκαινου, μάργες, αργίλους, τραβερτίνες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους ηλικίας ανώτερου Πλειόκαινου, μάργες, κροκαλοπαγή, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους ηλικίας κατώτερου Πλειόκαινου και κροκαλοπαγή που μεταβαίνουν πλευρικά προς τις μάργες και τα κροκαλοπαγή ηλικίας ανώτερου Πλειόκαινου), τα οποία έχουν αποτεθεί ασύμφωνα πάνω στα ιζήματα του κατώτερου Μειόκαινου (πηλίτες, αργίλους και κροκαλοπαγή) (Μέττος κ.ά., 1991). Οι τεκτονικές φάσεις του Νεογενούς υποβάθρου περιλαμβάνουν μία φάση εφελκυσμού διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ Μειοπλειοκαινικής ηλικίας, μία που συνδέεται με ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης και μία εφελκυστική φάση διεύθυνσης Β, ΒΔ-Ν.ΝΑ που έδρασε το Τεταρτογενές. Η λεκάνη σχηματίστηκε από κανονικά ρήγματα κύριας διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ ή Α-Δ (Μέττος κ.ά., 1991).

- **Λεκάνη Πάλιουρας - Γίδες**

Η λεκάνη Πάλιουρας – Γίδες (Σχήμα 2.3) περιβάλλεται στις τρεις πλευρές της (βόρεια, νότια και ανατολικά) από υψηλούς λόφους αποτελούμενους από Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους, ενώ στο δυτικό της όριο εντοπίζονται σερπεντινίτες και η αλλουβιακή πεδιάδα των Ψαχνών. Λιθολογικά η λεκάνη αποτελείται εν μέρει σε ισοδύναμη αναλογία από μία κατώτερη σειρά αποτελούμενη από μάργες και ασβεστόλιθους λιμναίας προέλευσης (αποθέσεις ενός χαμηλής ενέργειας περιβάλλοντος) και από μία ανώτερη σειρά αποτελούμενη από ψαμμίτες και κροκαλοπαγή ποταμολιμναίας προέλευσης (αποθέσεις ενός υψηλής ενέργειας περιβάλλοντος). Η ιζηματογένεση στη λεκάνη δεν ξεκίνησε πριν το ανώτερο Μειόκαινο, σε αντίθεση με τις άλλες λεκάνες της περιοχής που ξεκίνησε το κατώτερο Μειόκαινο για τη λεκάνη Αλιβέρι-Κύμη και το κατώτερο Πλειόκαινο για τη λεκάνη Λίμνη-Ιστιαία) (Katsikatsos et al., 1981).

5.3.2 Ανάλυση οριζόντιων και κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης και απόθεσης – Ανάλυση μορφολογικών ασυνεχειών

5.3.2.1 Οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης.

Η μορφολογία της περιοχής μελέτης εμφανίζει αρκετές μορφολογικές εναλλαγές αναγλύφου και πολλές σχετικά επίπεδες περιοχές. Με την εφαρμογή της μεθόδου χαρτογράφησης που περιγράφηκε αναλυτικά στη μεθοδολογία, εντοπίστηκαν οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης, οι οποίες ταξινομήθηκαν σε ομάδες (0-100 μ, 101-240 μ, 241-440 μ, 441-620 μ και 621-1080 μ) με βάση τα υψόμετρά τους σύμφωνα με το σχήμα 5.2.

Αναφορικά με τις οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης, όπως φαίνεται στον αντίστοιχο χάρτη (Σχήμα 5.2), αυτές εντοπίζονται κυρίως σε μεγάλα υψόμετρα κατά μήκος του κεντρικού υδροκρίτη στα όρη Δίρφυς, Κανδήλι και Τελέθριο, σε χαμηλότερα υψόμετρα στη λεκάνη Ψαχνών και στη χερσόνησο της Λιχάδας. Επίσης εντοπίζονται σε ζώνες πολύ χαμηλών υψομέτρων σε διάσπαρτες θέσεις (ακανόνιστη διαβάθμιση) δυτικά της περιοχής Ωρεοί, κατά θέσεις πλησίον κλάδων του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Νηλέα (Προκόπι, Πήλι, Κυμάσι) και του Μεσσάπιου ποταμού (Ψαχνά). Διαπιστώνεται μια ΒΔ-ΝΑ γενική γεωμετρία ανάπτυξης η οποία είναι επηρεασμένη από το νεοτεκτονικό ρηξιγενή ιστό. Ειδικότερα, οι επιφάνειες στα μεγαλύτερα υψόμετρα, παρουσιάζουν μια γραμμικότητα κατά μήκος του υδροκρίτη η οποία είναι αντιπροσωπευτική του διαβρωτικού τους χαρακτήρα (πρόκειται για επιφάνειες διάβρωσης που αντιστοιχούν σε παλαιότερους κύκλους εξέλιξης του αναγλύφου). Η δημιουργία των επιφανειών αυτών μπορεί να συνδέεται με ενδογενείς δυνάμεις ανύψωσης και πιθανά με περιόδους σταθεροποίησης της τεκτονικής ανόδου και υπερίσχυσης των διαβρωτικών διεργασιών, αν και σε ορισμένες θέσεις μεγάλης συχνότητας εμφάνισής τους, όπως δυτικά της περιοχής Ωρεοί και ΝΑ της περιοχής Ψαχνά, μπορούν να συσχετιστούν με τις ενεργές τεκτονικές δομές που απαντώνται εκεί. Οι οριζόντιες επιφάνειες της περιοχής στο σύνολό τους παρουσιάζουν κανονική διαβάθμιση του υψομέτρου τους ως προς την απόσταση από την ακτή. Η κατανομή και τα υψόμετρα των επιφανειών επιπέδωσης συμφωνούν στις περισσότερες περιπτώσεις με αυτά των Λεοντάρη & Γκουρνέλλο (1991), όπου είχαν αναγνωριστεί ως πρόσθετες ένδειξη ανοδικών κινήσεων.

Από τη στατιστική ανάλυση των οριζόντιων επιφανειών επιπέδωσης, προέκυψε το ραβδόγραμμα του σχήματος Σχήμα 5.8 όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε πως υπάρχει τάση

μείωσης της έκτασης των οριζόντιων επιφανειών επιπέδωσης προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα. Οι επιφάνειες των μεγαλύτερων υψομέτρων παρουσιάζουν συνολικά μικρότερη έκταση και οι εμφανίσεις τους είναι σποραδικές, παρουσιάζοντας μια κανονικότητα ως προς την υψομετρική διαδοχή.

5.3.2.2 Οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης

Με την εφαρμογή της μεθόδου χαρτογράφησης που περιγράφηκε αναλυτικά στη μεθοδολογία εντοπίστηκαν αρκετές επιφάνειες απόθεσης στην περιοχή μελέτης οι οποίες ταξινομήθηκαν σε ομάδες (0-80 μ, 81-140 μ, 141-260 μ, 261-460 μ και 461-680 μ) με βάση τα υψόμετρά τους σύμφωνα και με το σχήμα 5.3. Από τις επιφάνειες αυτές, όσες δεν είναι παράκτιες, συνδέονται με περιοχές που αποτελούν χώρους απόθεσης ποτάμιου ιζήματος.

Αναλυτικά, όπως φαίνεται στον αντίστοιχο χάρτη (Σχήμα 5.3), οι επιφάνειες απόθεσης της ζώνης χαμηλών υψομέτρων αφορούν κυρίως περιοχές ποτάμιων αποθέσεων, όπως το δελταϊκό ριπίδιο Ιστιαίας, οι εκβολές του Νηλέα, η λεκάνη Ψαχνών ή περιοχές αλλουβιακών ριπιδίων στην παράκτια ζώνη (π.χ. Ροβιές, Σηπιάς, Αιδηψός). Περιορισμένες εμφανίσεις επιφανειών απόθεσης σε μεγαλύτερα υψόμετρα εντοπίζονται πλησίον του κεντρικού υδροκρίτη δυτικά της Κύμης και βορειοδυτικά της περιοχής Αγία Άννα, επίσης πλησίον του κεντρικού υδροκρίτη στη θέση όπου αυτός αλλάζει διεύθυνση. Αξίζει να σημειωθεί πως στο κεφάλαιο 3 οι περιοχές αυτές είχαν επισημανθεί ως «περιοχές ενδιαφέροντος» (Σχήμα 3.26, θέση 2) για ενδεχόμενη αναστροφή ροής ρέματος, η οποία επιβεβαιώνεται μέσω της ύπαρξης επιφάνειας απόθεσης. Τέλος μεγάλης έκτασης επιφάνεια απόθεσης της υψομετρικής ζώνης 1-100 μ πλησίον του οικισμού Προκόπι και ανατολικά αυτού, συσχετίζεται με τις αλλουβιακές πεδιάδες που σημειώθηκαν επίσης στο κεφάλαιο 3 ως περιοχές ενδιαφέροντος (Σχήμα 3.26, θέση 5) και συνδέονται με το ΝΑ τμήμα το βυθίσματος του Νηλέα (ζώνη Προκοπίου-Πηλίου, Σχήμα 3.33).

Από τη στατιστική ανάλυση των επιφανειών απόθεσης, προέκυψε το ραβδόγραμμα του σχήματος 5.9 όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε πως υπάρχει τάση μείωσης του εμβαδού τους προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα.

5.3.2.3 Κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης

Οι κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης παρουσιάζονται στο σχήμα 5.4 με σημειωμένη τη φορά κλίσης τους (για τη χρονολόγηση των επιφανειών αυτών και την ομαδοποίησή τους όχι μόνο με κριτήριο το παρόμοιο γεωμορφολογικό προφίλ αλλά και την ηλικία τους, απαιτείται περαιτέρω έρευνα).

Συγκεντρώνονται κυρίως στη λεκάνη των Ψαχνών και βόρεια της Αιδηψού με επικρατούσα φορά κλίσης τη Δ-ΝΔ καθώς και στη χερσόνησο Λιχάδα με επικρατούσα φορά κλίσης τη Δ. Επίσης, εντοπίζονται με μικρότερο ποσοστό συγκέντρωσης στο Ψαροπούλι, στο Πήλι, στην Κερασιά, στην Κύμη και στη Δάφνη. Η αυξημένη συγκέντρωση των επιφανειών στην περιοχή βόρεια της Αιδηψού, η οποία δείχνει ανεξάρτητη της λιθολογίας, είναι πιθανό να συνδέεται με τεκτονική δράση αφού στην εν λόγω θέση εντοπίζονται δύο κύρια παράλληλα κανονικά ρήγματα που φαίνεται να ελέγχουν την περιοχή.

Από τη στατιστική επεξεργασία του προσανατολισμού των κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης προέκυψε το ραβδόγραμμα του σχήματος 5.10 στο οποίο μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η φορά των επιφανειών αυτών παρουσιάζει μεγάλη διασπορά σε όλο τον αζιμουθιακό κύκλο, με φανερή όμως επικράτηση (κύριος προσανατολισμός) αυτών που κλίνουν ΔΝΔ και ακολουθούν με μικρότερη συχνότητα εμφάνισης οι επιφάνειες που κλίνουν προς τα ΝΝΑ. Γενικά μπορούμε να παρατηρήσουμε πως οι επιφάνειες που βρίσκονται στα δυτικά (παράλληλα στις δυτικές ακτές) κλίνουν προς τα ΝΑ και ΝΔ, εκείνες που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα της χερσονήσου Λιχάδα κλίνουν έχουν φορά κλίσης προς τη Δ ενώ οι κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης στο ανατολικό τμήμα του νησιού παρουσιάζουν μικρή σποραδική εμφάνιση χωρίς αξιόλογες συγκεντρώσεις.

5.3.2.4 Κεκλιμένες επιφάνειες απόθεσης

Οι κεκλιμένες επιφάνειες απόθεσης παρουσιάζονται στο σχήμα 5.5 με σημειωμένη τη φορά κλίσης τους .Εντοπίζονται αυξημένες συγκεντρώσεις διανυσμάτων κυρίως στη λεκάνη των Ψαχνών με επικρατούσα φορά κλίσης τη Δ-ΝΔ, στη λεκάνη Νηλέα με κλίσεις προς τα ΒΑ, ΝΑ, ΝΔ και μεταξύ Ωρεών και Ιστιαίας με επικρατούσες κλίσεις προς τα ΔΝΔ-ΔΒΔ και στις περιοχές Πευκί και Ψαροπούλι με φορά κλίσης προς τα Β, Δ-ΒΔ και Ν-ΝΑ. Επίσης, κεκλιμένες

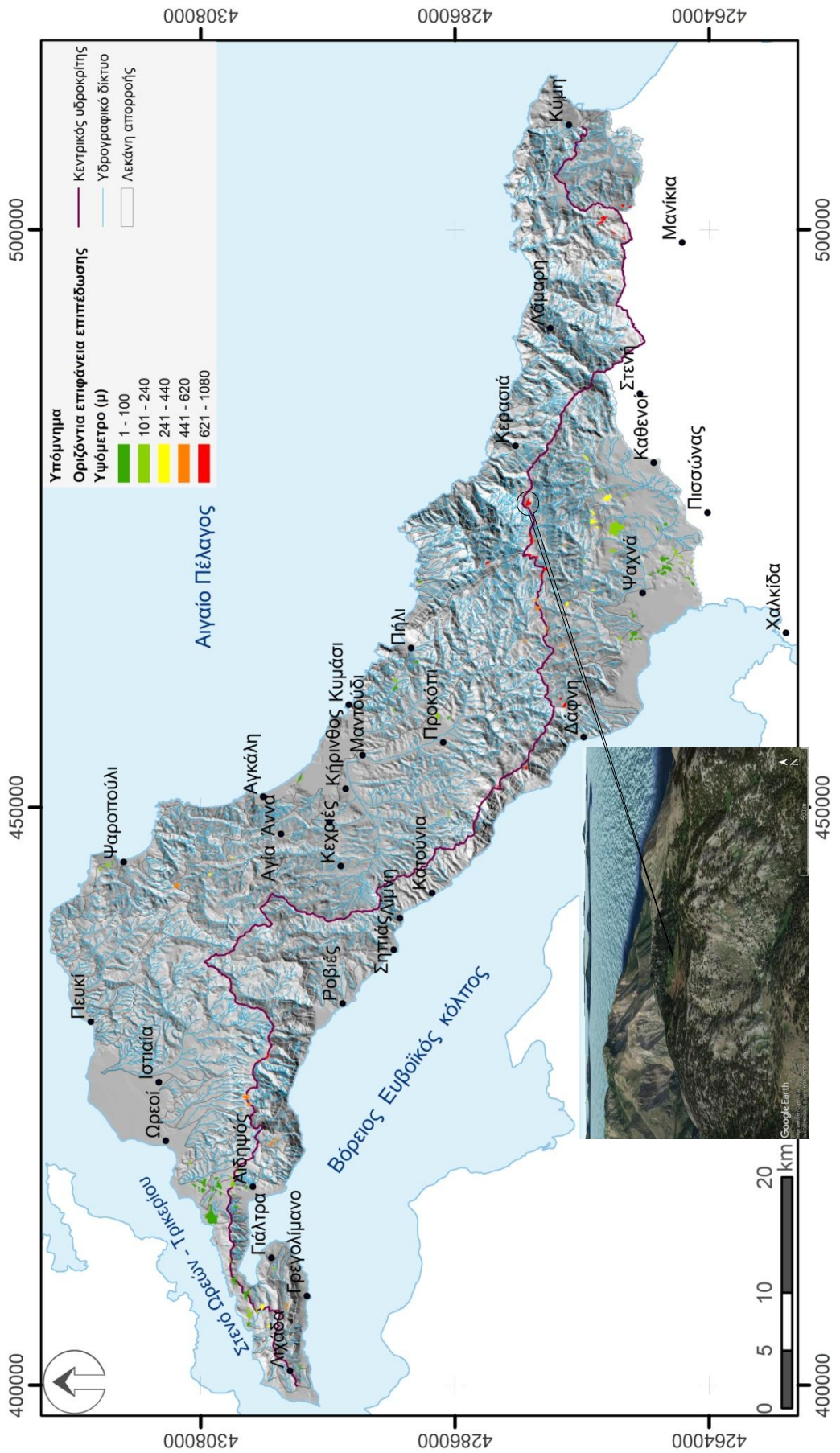
επιφάνειες απόθεσης εντοπίζονται στην Κύμη όπου οι επιφάνειες κλίνουν προς το νότο και παρουσιάζουν μικρότερη πυκνότητα.

Από τη στατιστική επεξεργασία του προσανατολισμού των κεκλιμένων επιφανειών απόθεσης προέκυψε το ραβδόγραμμα του σχήματος 5.11 στο οποίο μπορούμε να παρατηρήσουμε πως οι κλίσεις των επιφανειών αυτών παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά σε όλο τον αζιμουθιακό κύκλο, με επικράτηση της φοράς κλίσης προς τα ΝΝΔ και ΔΝΔ και με σχετικά μικρότερη συχνότητα εμφάνισης των επιφανειών που κλίνουν προς τα ΝΑ και ΒΔ.

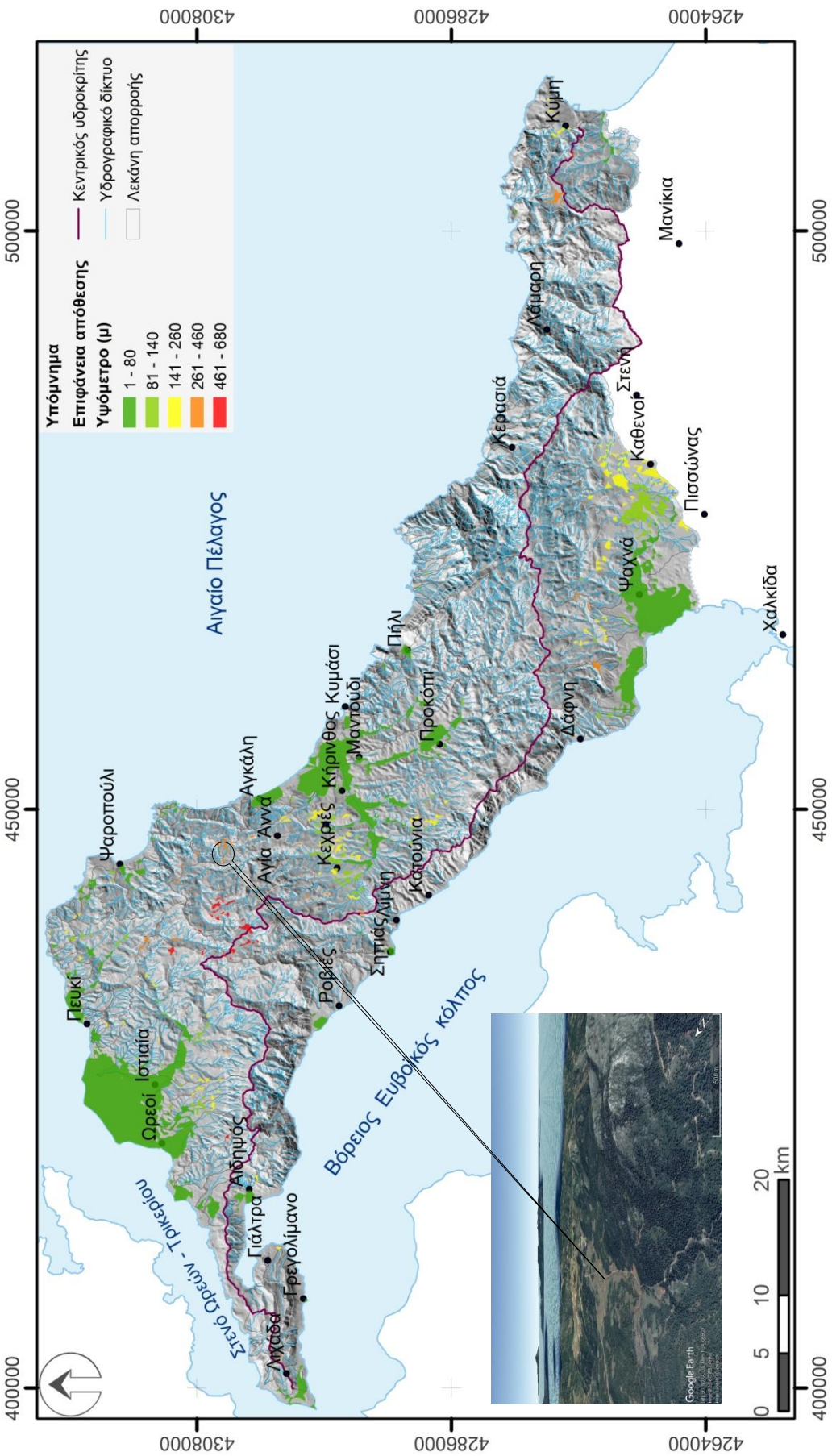
5.3.2.5 Μορφολογικές ασυνέχειες

Στην περιοχή μελέτης χαρτογραφήθηκαν οι μορφολογικές ασυνέχειες (παρουσιάζονται στα σχήματα 5.6 και 5.7), οι οποίες εντοπίζονται σε συγκεκριμένες θέσεις, οι περισσότερες στο όρος Κανδήλι μεταξύ των περιοχών Κατούνια-Δάφνη, καθώς και στο βορειότερο και νοτιότερο τμήμα του όρους Δίρφυς μεταξύ των περιοχών Πήλι-Κερασιά, Λάμαρη – Κύμη. Εντοπίζεται επίσης μικρός αριθμός ασυνεχειών στο όρος Τελέθριο και μεταξύ Λιχάδας – Γρεγολίμανου. Πολλές από τις ασυνέχειες παρουσιάζουν μια γραμμική διάταξη η οποία ταυτίζεται με τα τεκτονικά στοιχεία της περιοχής, και είναι πιθανό να έχουν δημιουργηθεί από τη δραστηριοποίηση που προκάλεσε ανύψωση στις περιοχές αυτές (ταύτιση με ενεργοποίηση της αντίστοιχης ζώνης κατά τη νεοτεκτονική περίοδο), όπως συμβαίνει στις χαρακτηριστικές ασυνέχειες της ζώνης Κανδηλίου (δυτικό πρανές του όρους) και Δίρφυος (ανατολικό πρανές του όρους) με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ καθώς και σε εκείνες της περιοχής Λιχάδα-Γρεγολίμανο με διεύθυνση Α-Δ (και σε μία μικρή ασυνέχεια στη ζώνη Τελέθριου). Πολύ σημαντική είναι η παρουσία ασυνεχειών που σχετίζεται με έντονη κατά βάθος διάβρωση (χαρτογραφούνται ως χαράδρες ή φαράγγια), όπως αυτή παράλληλα σε κλάδο της λεκάνης No132 νότια του ρήγματος Προκόπι-Πήλι, στις εκβολές του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης No95, νότια της περιοχής Λάμαρη παράλληλα στο υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης 85 και μεταξύ των περιοχών Κερασιά και Καθενοί όπου σχηματίζεται το εντυπωσιακό φαράγγι της Αγάλης (Σχήμα 5.12) από την ισχυρή κατά βάθος διάβρωση του ποταμού Μεσσάπιου. Τέλος ενδιαφέρον παρουσιάζει η εντυπωσιακή γραμμική διάταξη των μορφολογικών ασυνεχειών ανατολικά της περιοχής Λάμαρη (Σχήμα 5.6). Οι ασυνέχειες αυτές εντοπίζονται σχεδόν παράλληλα στο όριο της λεκάνης απορροής No84 με τη λεκάνη No83 (στην ισοϋψή των 600 μ) και στη συνέχεια

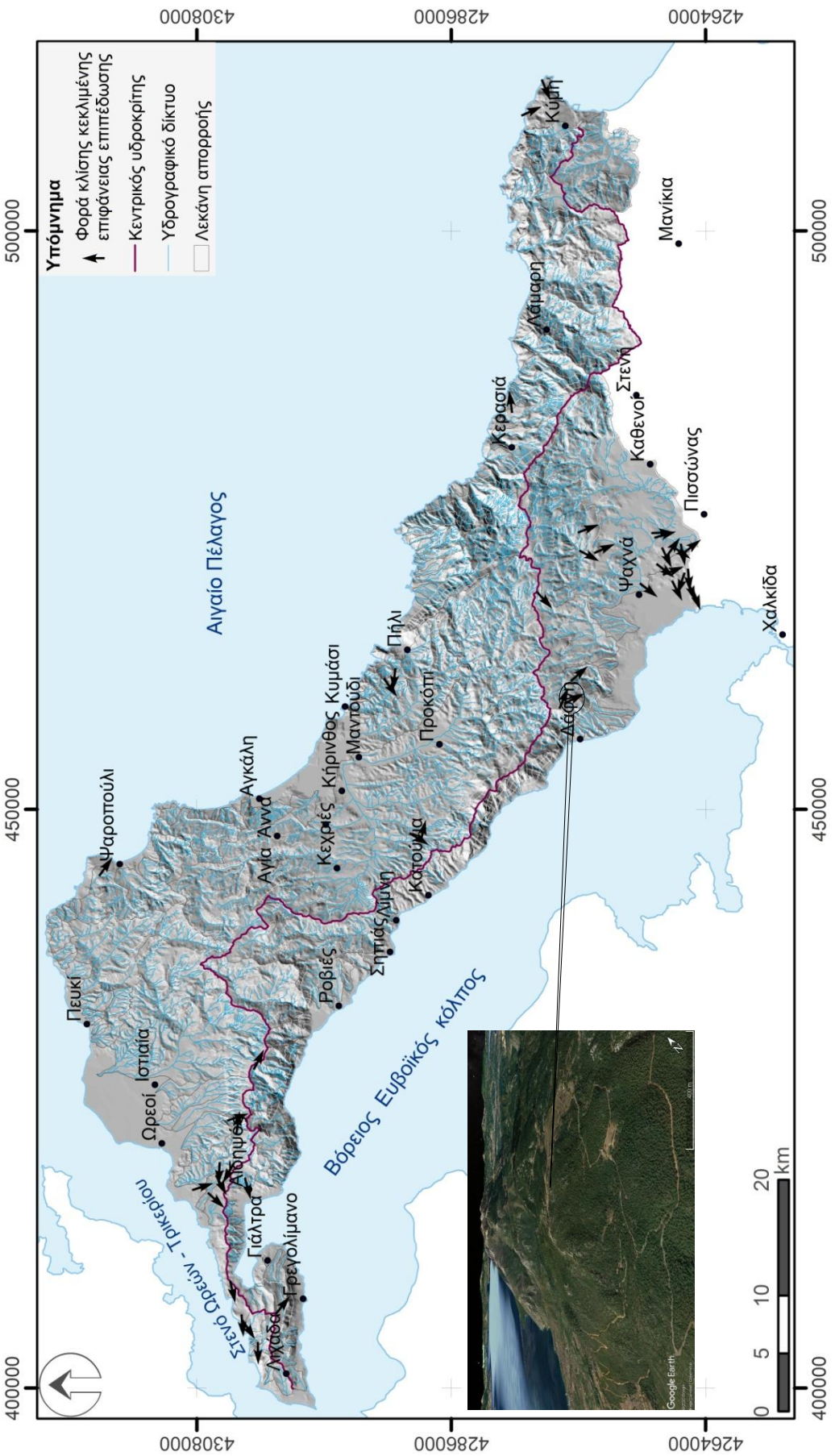
αναπτύσσονται προς τη δύση ακολουθώντας τον κεντρικό υδροκρίτη. Οι απότομες ακτές στην παράκτια ζώνη μεταξύ Κύμης και Λάμαρης, συνδέονται με ανύψωση λόγω της ρηξιγενούς ζώνης Δίρφυος και με το σχεδόν Α-Δ τμήμα της εν λόγω, μεγάλου μήκους, μορφολογικής ασυνέχειας (η πιο χαρακτηριστική της περιοχής). Τα πρανή στην περιοχή αυτή ξεπερνούν κατά θέσεις το υψόμετρο των 300 μ και η διάβρωση εντοπίζεται σε μεγάλης ανθεκτικότητας Αλπικούς σχηματισμούς, γεγονότα που μπορούν να συνδεθούν με μεγάλο ρυθμό τεκτονικής ανύψωσης (ρηξιγενής ζώνη Δίρφυος).



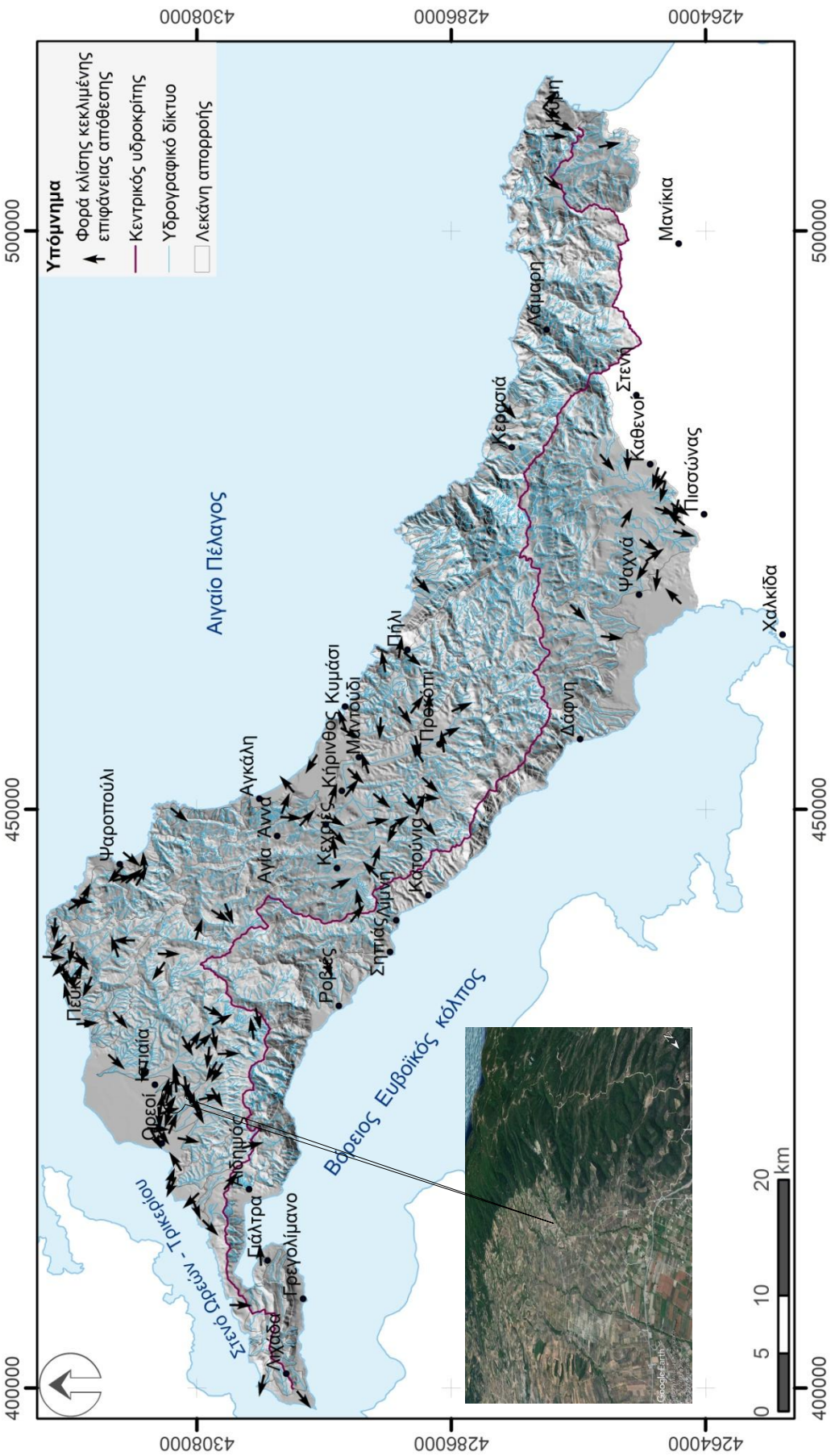
Σχήμα 5.2. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ οριζόντιων επιφανειών επιπέδωσης (ένθετη εικόνα Google Earth Pro με χαρακτηριστική οριζόντια επιφάνεια επιπέδωσης κατά μήκος του κεντρικού υδροκρίτη δυτικά της περιοχής Κερασιά).



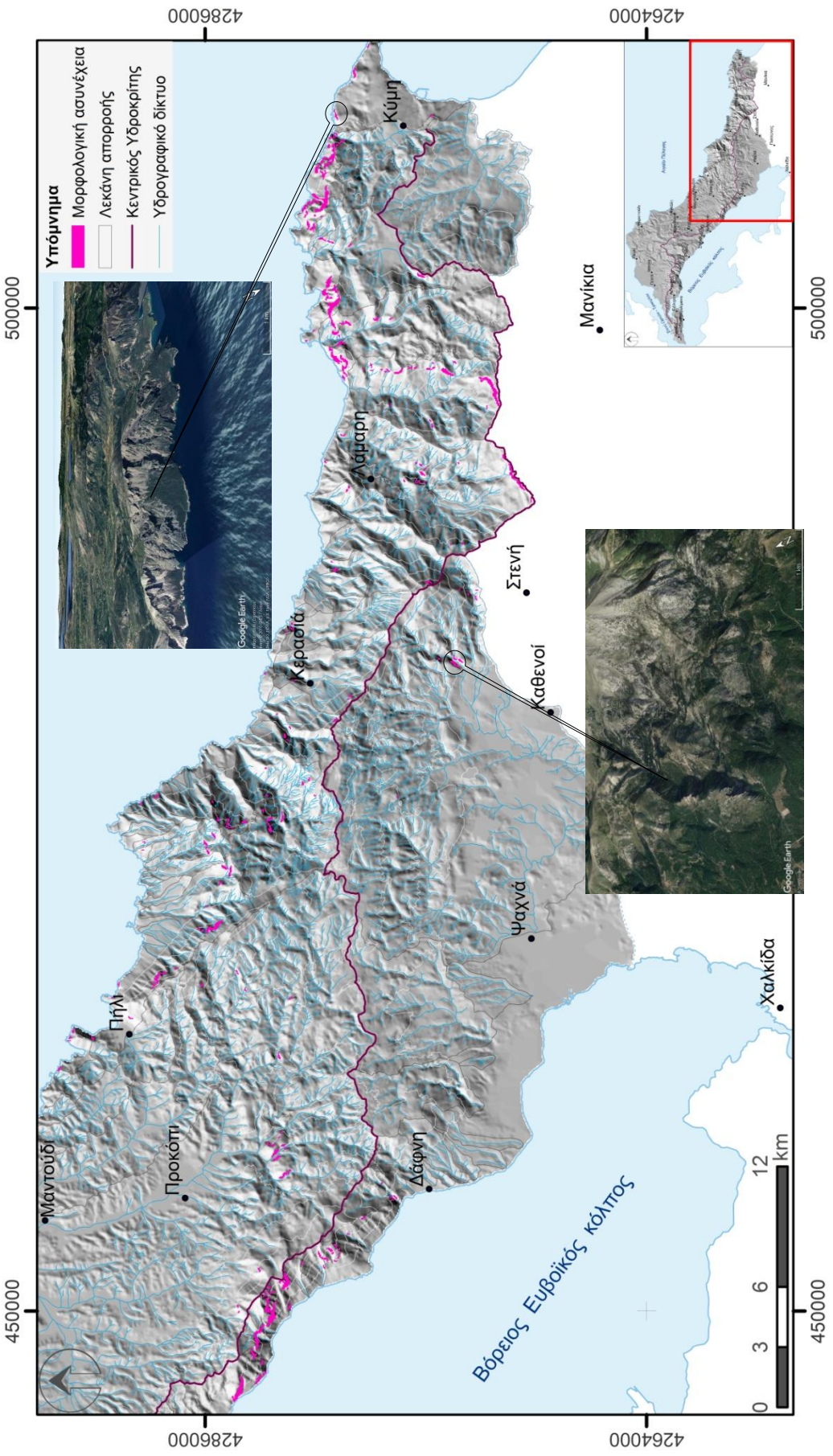
Σχήμα 5.3. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ οριζόντιων επιφανειών απόθεσης (ένθετη εικόνα Google Earth Pro με χαρακτηριστική επιφάνεια απόθεσης κατά μήκος του κεντρικού υδροκρίτη ΒΔ της περιοχής Αγ. Άννα).



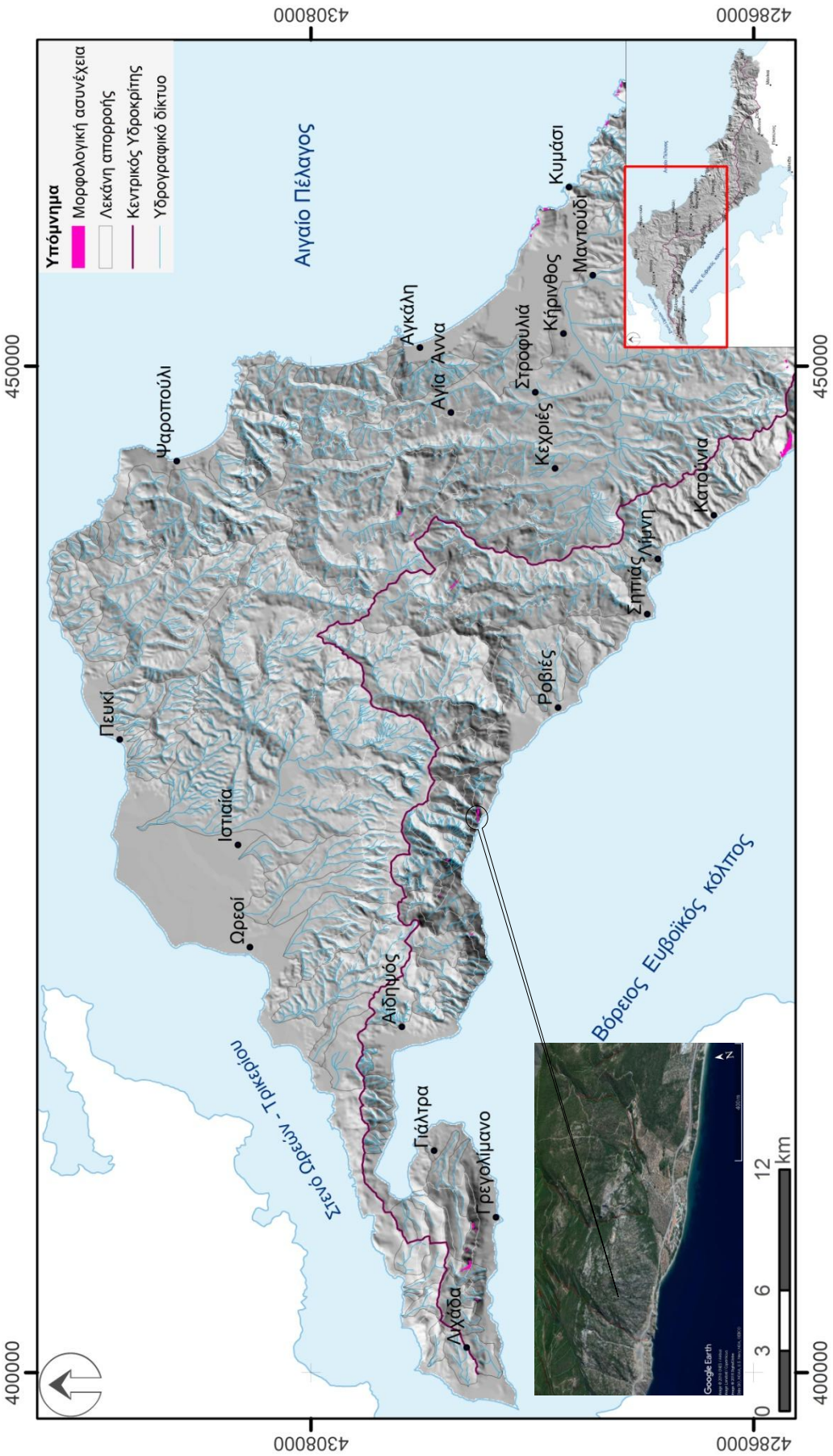
Σχήμα 5.4. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης (ένθετη εικόνα Google Earth Pro με μεγάλης έκτασης χαρακτηριστικές κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης ανάντη των επιφανειών απόθεσης στην περιοχή Ωρεοί).



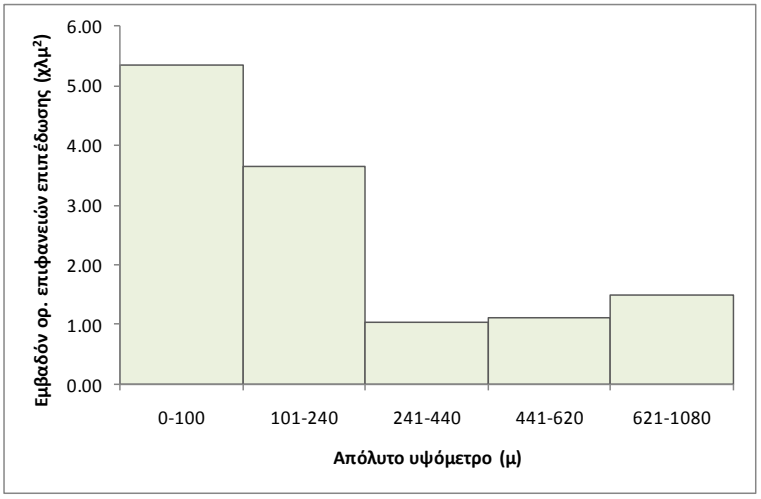
Σχήμα 5.5. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ κεκλιμένων επιφανειών απόθεσης (ένθετη εικόνα Google Earth Pro με μεγάλης έκτασης χαρακτηριστικές κεκλιμένες επιφάνειες απόθεσης ανάντη των επιφανειών απόθεσης στην περιοχή Ωρεοί).



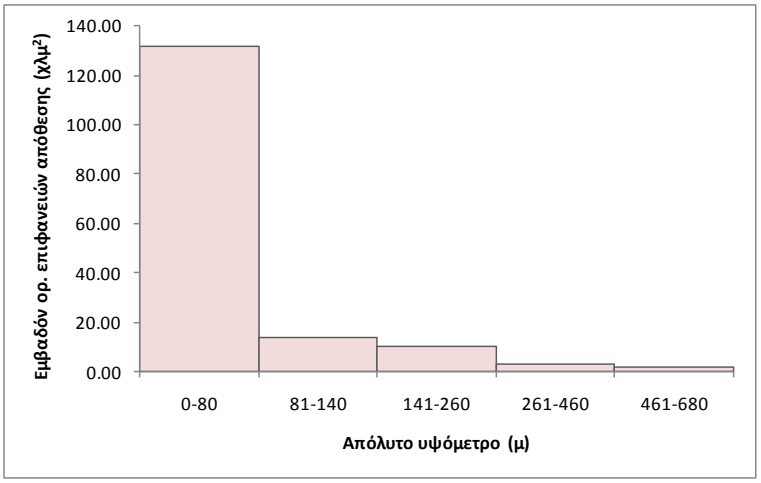
Σχήμα 5.6. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ με τις μορφολογικές ασυνέχειες του νότιου τμήματος περιοχής μελέτης (ένθετη εικόνα Google Earth Pro με χαρακτηριστική μορφολογική ασυνέχεια (βόρεια θέση) στην παράκτια ζώνη βόρεια της Κύμης και νότια θέση) από το φαράγγι Αγάλης).



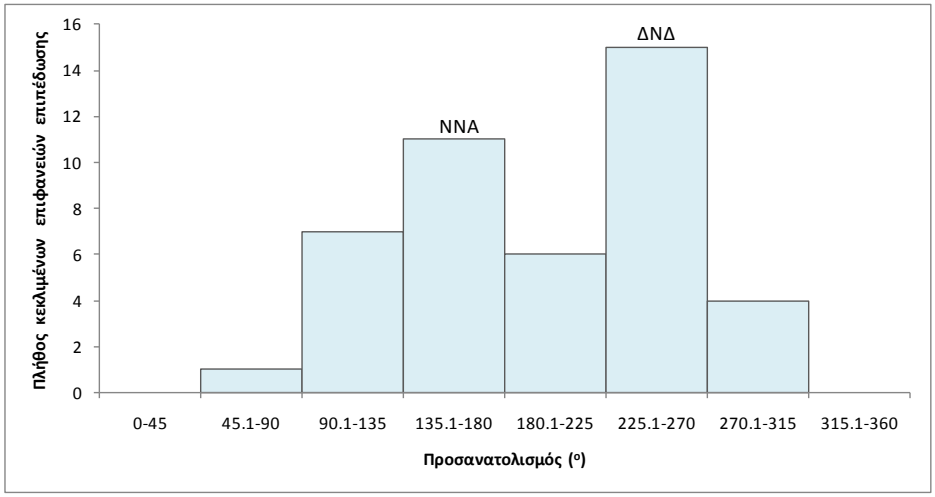
Σχήμα 5.7. Χάρτης ισοδιάστασης 300 μ με τις μορφολογικές ασυνέχειες που εντοπίστηκαν στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης (ένθετη εικόνα Google Earth Pro με χαρακτηριστική μορφολογική ασυνέχεια ΒΔ της περιοχής Ροβιές).



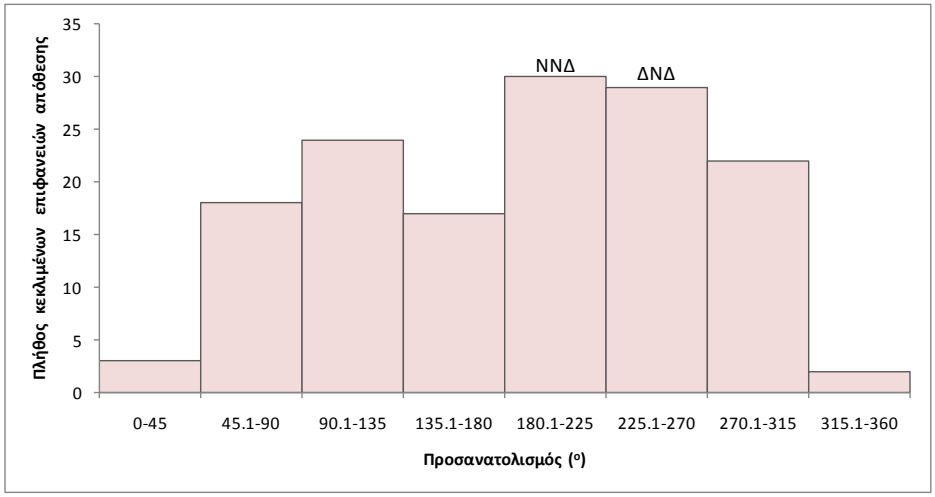
Σχήμα 5.8. Ραβδόγραμμα του εμβαδού των οριζόντιων επιφανειών επιπέδωσης ανά υψομετρική ζώνη.



Σχήμα 5.9. Ραβδόγραμμα του εμβαδού των επιφανειών απόθεσης ανά υψομετρική ζώνη.



Σχήμα 5.10. Ραβδόγραμμα συχνότητας προσανατολισμού κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης.



Σχήμα 5.11. Ραβδόγραμμα συχνότητας προσανατολισμού κεκλιμένων επιφανειών απόθεσης.



Σχήμα 5.12. Το φαράγγι της Αγάλης (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 3/10/2020).

5.3.3 Περιγραφή κύριων ποτάμιων γεωμορφών

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται τα ευρήματα της μελέτης των ποτάμιων γεωμορφών, η μορφή του υδρογραφικού δικτύου και των κοιλάδων της περιοχής μελέτης, οι πιθανές πειρατείες και τα σημεία κάμψης καθώς και οι ποτάμιες αναβαθμίδες.

5.3.3.1 Ανάλυση μορφής υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων

Η περιοχή μελέτης διαρρέεται από ένα καλά αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο το οποίο ως ένα βαθμό ελέγχεται από την τεκτονική. Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.13, η διεύθυνση των αξόνων των ορέων στην περιοχή μελέτης καθόρισαν τη ροή των υδρογραφικών δικτύων που αναπτύσσονται κάθετα στον μεγάλο άξονα του νησιού. Ωστόσο αν και ο προσανατολισμός της διεύθυνσης ροής των κύριων ποταμών είναι κατά κύριο λόγο κάθετα στον κύριο υδροκρίτη στο μεγαλύτερο μέρος του νησιού, υπάρχουν επιμέρους περιοχές όπου τα κύρια δίκτυα ρέουν σχεδόν παράλληλα με τον κύριο υδροκρίτη (σημειώνονται με πράσινη έλλειψη στο σχήμα 5.13). Η συγκεκριμένη διεύθυνση ροής των κεντρικών κλάδων αυτών των δικτύων σχετίζεται με σύνθετες διεργασίες που έλαβαν χώρα κατά το Τεταρτογενές και αφορούν τεκτονικά γεγονότα και πειρατείες δικτύων. Μία από αυτές τις θέσεις αφορά τον ποταμό Κηρέα (περιοχή Προκόπι) ο οποίος εισερχόμενος σε περιοχή με μειωμένη κλίση, αυξάνει σε πλάτος και αποκτά ανομοιόμορφη ροή και διασπώμενες κοίτες.

Το δίκτυο της περιοχής μελέτης στη λεκάνη Ιστιαίας-Ωρεών είναι δενδριτικού τύπου συμμετρικό το οποίο αποδεικνύει ομοιογένεια στην υδρογραφική υφή και απουσία τεκτονικού ελέγχου. Αυτό σχετίζεται με το γεγονός πως η σημερινή μορφή αποστράγγισης άρχισε να αναπτύσσεται στο Πλειστόκαινο αφού τα υδρογραφικά δίκτυα που αποστραγγίζουν την περιοχή διαβρώνουν Πλειστοκαινικές αποθέσεις των Νεογενών λεκανών. Σε πολλές θέσεις στην περιοχή ανατολικά της Ιστιαίας, ΝΔ και ΝΑ της Κερασιάς και ΒΔ των Ψαχνών (σημειώνονται με κόκκινο κύκλο στο σχήμα 5.13) ο τύπος του δικτύου γίνεται παράλληλος, με τους κλάδους να έχουν μεταξύ τους παράλληλη διεύθυνση ροής και να συμβάλλουν με τον κύριο κλάδο σε παρόμοια γωνία (επιμήκεις λεκάνες, ευθύγραμμοι και μεγάλου μήκους παραπόταμοι που ενώνονται με μικρές οξείες γωνίες). Ο τύπος αυτός μπορεί να σχετίζεται επίσης με ήπιας κλίσης, ομοιόμορφη αποστράγγιση σε λιγότερο ανθεκτικά πετρώματα, αλλά φαίνεται πως στην περιοχή μελέτης σχετίζεται άμεσα με τα ενεργά ρήγματα. Τέλος, στην Αιδηψό, στη λεκάνη απορροής No24, εμφανίζεται ο ακτινωτός τύπος υδρογραφικού δικτύου που είναι πιθανό να σχετίζεται με σύγχρονη τεκτονική ή ηφαιστειακή δραστηριότητα (η βαθιά τεκτονική ελέγχει το γεωθερμικό πεδίο της Αιδηψού).

Οι λεκάνες απορροής που παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο με ισχυρή κατά βάθος διάβρωση και νέες κοιλάδες τύπου “V” απαντώνται σε πολλές διάσπαρτες θέσεις στην περιοχή μελέτης.

Μεγαλύτερη συχνότητα αυτών, παρατηρείται σε δίκτυα 1ης και 2ης τάξης με μικρή παροχή φερτών υλικών, βόρεια της Αιδηψού και των Ροβιών, νότια της Δάφνης, καθώς και στους ποταμούς Κηρέα και Μεσσάπιο και σε αρκετά δίκτυα του όρους Δίρφυς, εγκάρσια στις μεγάλες νεοτεκτονικές ρηξιγενείς ζώνες, αποδεικνύοντας την ενεργότητα των ρηξιγενών μετώπων της περιοχής (ενδεικτικές εικόνες στο σχήμα 5.14). Χαρακτηριστική είναι η ύπαρξη παράλληλων μεταξύ τους κλάδων με έντονη κατά βάθος διάβρωση στο ανερχόμενο τέμαχος ρήγματος ανατολικά της περιοχής Κατούνια καθώς και αντίστοιχα βόρεια των Κεχριών και νότια του Προκοπίου, εκτός δηλαδή του βυθίσματος Νηλέα. Αντίθετα, κοιλάδες τύπου "U" απαντώνται σε λίγες μόνο θέσεις στις περιοχές Πήλι, Προκόπι και Δάφνη, ενώ κοιλάδες με πλατύ και επίπεδο πυθμένα (τύπου Ц) απαντώνται κυρίως στα δίκτυα του Νηλεά, Κηρέα και Μεσσάπιου. Είναι χαρακτηριστικό ότι κοιλάδες αποστρογγυλωμένου και επίπεδου πυθμένα απουσιάζουν από τη ρηξιγενή ζώνη Τελέθριου, Κανδηλίου και Δίρφυος (με εξαίρεση το κεντρικό τμήμα- περιοχή Λάμαρη και ανατολικά αυτής- που έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές χαμηλής τεκτονικής στο κεφάλαιο 4. Τέλος, λόγω της έντονης κατά βάθους διάβρωσης σαν συνέπεια της τεκτονικής ανύψωσης έχουν διαμορφωθεί 12 φαράγγια στην περιοχή μελέτης. Πέραν των γνωστών του ποταμού Νηλέα και της Αγάλης του Μεσσάπιου, στις περιοχές Λάμαρη, στην Κερασιά, βόρεια της Δάφνης και στον Κηρέα ποταμό. Τα ρήγματα που επηρεάζουν τα ποτάμια προκαλώντας σε τμήματά τους έντονη κατά βάθος διάβρωση και αποδεικνύοντας την ενεργότητά τους είναι το Τελέθριο (Ροβιές-Αιδηψός), το ρήγμα Ταξιάρχη (ΝΔ των Ωρεών με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ), το ρήγμα στα Ελληνικά (βόρεια της περιοχής Ψαροπούλι με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ), το ρήγμα των Βασιλικών (νότια της περιοχής Ψαροπούλι με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως Δ-Α) καθώς και τα ρήγματα της ζώνης Προκόπι-Πήλι (σχεδόν Α-Δ).

5.3.3.2 Εντοπισμός πιθανών πειρατειών

Απόδειξη των ανοδικών κινήσεων της περιοχής αποτελεί ο ποταμός Νηλέας, ο οποίος πριν «ενωθεί» με τον Κηρέα παρουσίαζε διεύθυνση ροής αντίθετη από τη σημερινή εκβάλλοντας στον Β. Ευβοϊκό κόλπο (Λεοντάρης και Δελήμπασης, 1987). Πλέον ο Νηλέας, μετά τη σύλληψή του (παράγραφος 5.3.1) κατά την τεκτονική φάση του Τεταρτογενούς, εκβάλλει στο Αιγαίο αφού συμβάλει με τον Κηρέα για να σχηματίσουν τον ποταμό Βούδωρο. Άλλες παρόμοιες ιδιόμορφες αλλαγές διεύθυνσης ροής που απαντώνται στην περιοχή μελέτης αφορούν σε γωνιώδεις κάμψεις ρεμάτων και συλλήψεις δικτύων γειτονικών λεκανών απορροής λόγω

οπισθοδρομούσας διάβρωσης ή λόγω τεκτονικών αιτίων. Αυτές αποδίδονται σε τεκτονικά αίτια στις περιπτώσεις που ελέγχθηκε το ενδεχόμενο να οφείλονται σε διαφορετική λιθολογία (διαφορική διάβρωση) και δεν τεκμηριώθηκε. Παρόμοια φαινόμενα πιθανής πειρατείας και παρουσία ανεμοτομών εντοπίστηκαν στα δίκτυα των λεκανών No78 (Ψαχνά), No82 και No83 (στη Δίρφυ), No132 (2 σε κλάδους του Νηλέα και 1 στον Κηρέα), No164 (ανατολικά από το Πευκί) και No175 (Ιστιαίας)των οποίων ορισμένα τμήματα συνδέθηκαν με άλλα δημιουργώντας μία απότομη, σχεδόν ορθή γωνία στη μορφή του ποτάμιου κλάδου και αφήνοντας στο σημείο της σύλληψης μια εγκαταλελειμμένη κοιλάδα. Το φαινόμενο της πειρατείας για τα σχεδόν γραμμικά τοποθετημένα σημεία σύλληψης στα ανατολικά του βόρειου τμήματος της περιοχής μελέτης μπορεί να συσχετιστεί με τη σημαντική τεκτονική ανύψωση λόγω της δραστηριότητας της ζώνης Τελέθριου στα δυτικά. Αντίστοιχα, τα σημεία σύλληψης του ΝΔ τμήματος της περιοχής ακολουθούν τον κεντρικό υδροκρίτη, ο οποίος στην περιοχή αυτή μετατοπίζεται προς τη ζώνη Δίρφυος αποτελώντας ένδειξη υψηλού ρυθμού τεκτονικής ανύψωσης εκεί. Αναλυτικά οι οκτώ (8) πιθανές πειρατείες εντοπίζονται στα δίκτυα: No78 (αποσπά τμήμα από τον ποταμό Λήλα που βρίσκεται εκτός περιοχής μελέτης), No82 (σύλληψη τμήματος από το δίκτυο λεκάνης απορροής No79), No83 (σύλληψη τμήματος από το δίκτυο της λεκάνης απορροής No82), No132 (3 συλλήψεις τμημάτων από τα δίκτυα των λεκανών απορροής No133, 146 και 76), No164 (σύλληψη τμήματος από το δίκτυο της λεκάνης απορροής No160) και No175 (σύλληψη τμήματος από το δίκτυο της λεκάνης απορροής No164). Τα υψόμετρα αυτών των συλλήψεων είναι 81 μ, 446 μ, 726 μ, 332 μ, 156 μ και 378 μ, 100 μ και 273μ αντίστοιχα και οδηγούν σε αύξηση της τάξης του υδρογραφικού δικτύου (τάξη δικτύου που κάνει τη σύλληψη: $6^{η}$, $5^{η}$, $4^{η}$, $4^{η}$, $6^{η}$ (2), $4^{η}$ και $5^{η}$ αντίστοιχα) καθώς και σε αύξηση του μήκους του ποταμού που κάνει τη σύλληψη. Σε όλες τις περιπτώσεις η αλλαγή της πορείας χαρακτηρίζεται από ορθή γωνία στο σημείο της σύλληψης. Η κοίτη του πειρατή ποταμού θα παρουσίαζε σημαντική εκβάθυνση λόγω της έντονης κατά βάθους διάβρωσης που προκύπτει από την αύξηση της παροχής, αλλά το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκε κάτι ανάλογο αποδεικνύει πως η αποκοπή πιθανά δεν ήταν πολύ πρόσφατη και άρα το προφίλ εξομαλύνθηκε. Επιπλέον η κοίτη του ρέματος πειρατή είναι αρκετά μέτρα πιο χαμηλά υψομετρικά από του άλλου (από 20-70 μ χαμηλότερα) και παρατηρείται μια διαφορά στις διαστάσεις της κοιλάδας σε σύγκριση με τα υδρογραφικά δίκτυα ανάντη, η οποία σε συνδυασμό με την ύπαρξη φερτών υλικών στον υδροκρίτη, επιβεβαιώνουν την ύπαρξη πειρατείας στις ανωτέρω θέσεις. Όλες οι θέσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 5.13, μια

ενδεικτική εικόνα της πειρατείας του δικτύου Νο164 παρουσιάζεται στο σχήμα 5.15 και η λεπτομέρεια της γεωμορφολογίας με τις δύο από τις θέσεις πειρατείας (Νο82, 83) στο νότιο τμήμα της περιοχής παρουσιάζεται στο σχήμα 5.16. Η λιθολογία, όπως αναφέρθηκε, δεν είναι η βασική αιτία των συλλήψεων υπό την έννοια πως κανένα σημείο δεν ταυτίζεται με λιθολογική αλλαγή. Ενδέχεται όμως η λιθολογία να έχει επηρεάσει την εξέλιξη των συλλήψεων που περιγράφηκαν, αν και φαίνεται πως ο ρηξιγενής τεκτονισμός καθορίζει την ανάπτυξή τους υπό την έννοια πως διαφοροποιεί τις κλίσεις των περιοχών που αποστραγγίζονται από τα υδρογραφικά δίκτυα και τροποποιεί το ανάγλυφο της περιοχής.

Μπορούν να σημειωθούν κάποια στοιχεία που επιβεβαιώνουν τις πειρατείες, όπως το υψόμετρο του υδροκρίτη που είναι πολύ κοντά στο υψόμετρο της κοίτης του ποταμού από τον οποίο έγινε η σύλληψη στα δύο σημεία αλλαγής διεύθυνσης ροής που εντοπίζονται στη Δίρφυ (Νο82 και 83) όπου απαντώνται ασβεστόλιθοι. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει το γεγονός πως τα δίκτυα της περιοχής διασχίζονται από μεγάλο αριθμό ρηγμάτων τα οποία ευνοούν το σχηματισμό χαραδρώσεων ακόμη και σε κλάδους μικρού μήκους οι οποίοι στις θέσεις των πιο ευδιάβρωτων σχηματισμών μπορούν να προχωρήσουν σε συλλήψεις γειτονικών δικτύων. Αναλυτικότερα, στην περίπτωση του δικτύου Νο164 που φαίνεται στο σχήμα 5.15 πρέπει να σημειωθεί πως από το σημείο της ανεμοτομής διέρχεται ρήγμα που έχει χαρακτηριστεί υψηλού επιπέδου διακινδύνευσης (ρήγμα Ελληνικών που διέρχεται βόρεια από το Ψαροπούλι στο σχήμα 5.13). Η ενεργοποίηση του ρήγματος αυτού μπορεί να αποτελεί την αιτία της πειρατείας αφού δύναται να αποκόψει το δίκτυο κατεβάζοντας την περιοχή του δικτύου από το οποίο έγινε η σύλληψη (βρίσκεται στο κατερχόμενο τέμαχος). Στην περίπτωση του δικτύου Νο175, μπορεί να γίνει η υπόθεση πως η ανύψωση λόγω των κύριων ρηγμάτων νότια της Ιστιαίας οδήγησε στην κατά βάθος διάβρωση που έχει χαρτογραφηθεί πίσω από αυτά και φτάνει ως το σημείο της σύλληψης, ανάντη του οποίου (όριο οπισθοδρομούσας διάβρωσης) για αρκετά χιλιόμετρα υπάρχει επιφάνεια απόθεσης.

Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης 78 (Μεσσάπιος ποταμός στην περιοχή Ψαχνά) παρουσιάζει πολλές αλλαγές στη διεύθυνση ροής της κεντρικής του κοίτης και η περιοχή που διαρρέει, βόρεια και ανατολικά αντίστοιχα των δύο ρηγμάτων που εντοπίζονται εντός της λεκάνης απορροής (σε μεγαλύτερα υψόμετρα πλησίον του υδροκρίτη), παρουσιάζει ιδιαίτερα έντονο ανάγλυφο. Τα δίκτυα Νο56 και 57 (περιοχή Λίμνη) καθώς και τα δίκτυα Νο73 (νότια της Δάφνης) και Νο173 (νότια από την περιοχή Ψαροπούλι) παρουσιάζουν αλλαγή στη

διεύθυνση ροής της κοίτης τους εξαιτίας του ρήγματος που τα τέμνει στη μέση περίπου, οπότε είναι δυνατός ο ισχυρισμός περί μετάθεσης λόγω ρηγμάτων σε προϋπάρχοντα δίκτυα (τα τρία πρώτα επηρεάζονται από τη ρηξιγενή ζώνη Κανδηλίου –από μία πιθανή αριστερόστροφη συνιστώσα της και το επόμενο από μία αντίστοιχη συνιστώσα του κύριου ρήγματος της Ιστιαίας).

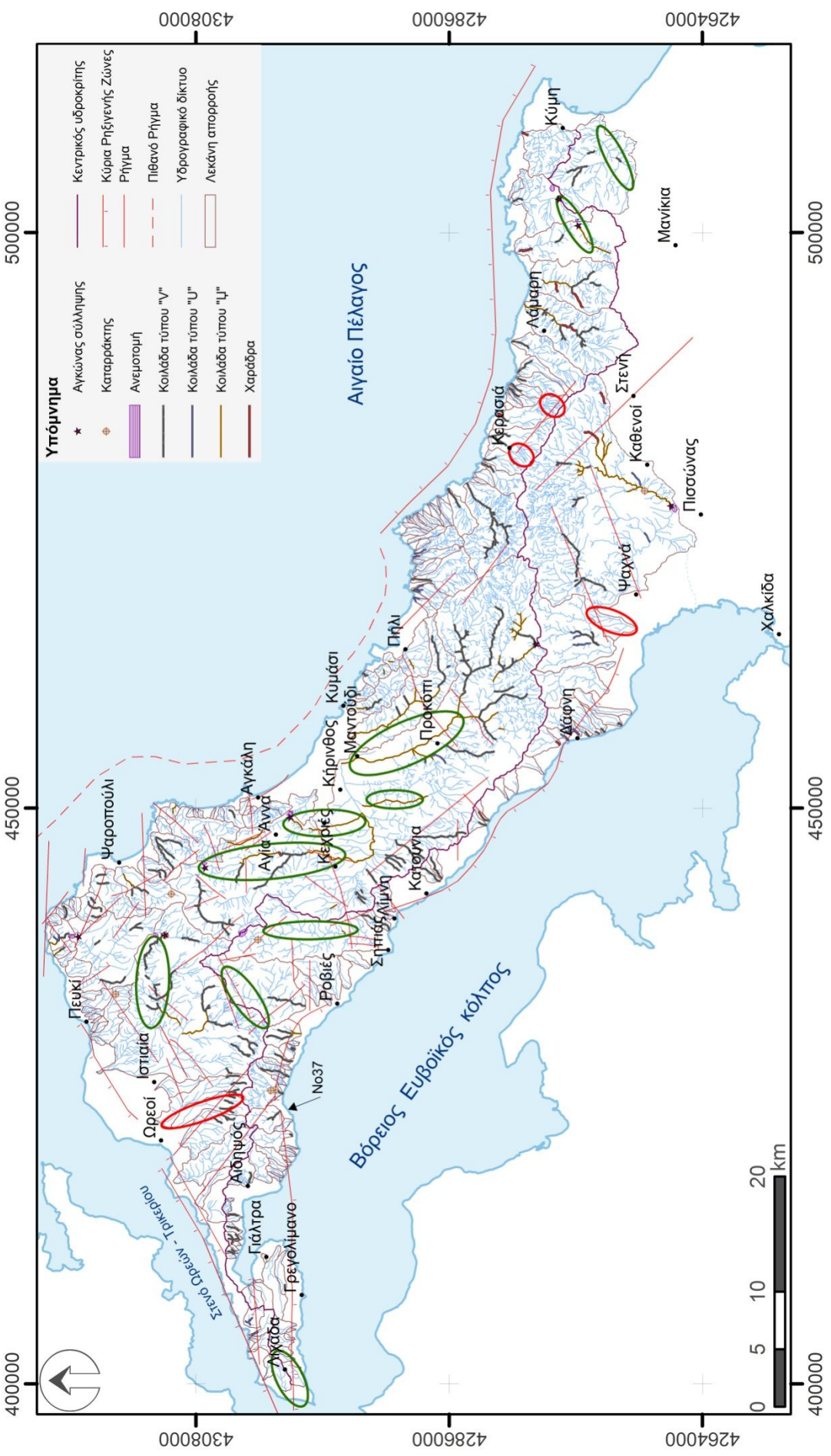
5.3.3.3 Εντοπισμός σημείων κάμψης

Στην παρούσα παράγραφο, εντοπίζονται τα σημεία κάμψης μέσω της χρήσης κατάλληλου λογισμικού λόγω μεγάλου όγκου δεδομένων, όπως αναλυτικά περιγράφεται στη μεθοδολογία. Από τα 2486 σημεία που εντοπίστηκαν (Σχήμα 5.17), τα 139 ήταν ανωμαλίας πρώτης τάξης (RDEs/RDEt>10) (Σχήμα 5.18) και από αυτά, τα 31 εντοπίστηκαν σε λεκάνες που αναλύονται σε τοπική κλίμακα (Κεφάλαιο 6, μέσω της δημιουργίας επιμήκων τομών), τα 30 ήταν λιθολογικά καθώς οφείλονταν σε λιθολογικές αλλαγές και τα 18 ήταν τεκτονικής προέλευσης καθώς αντιστοιχούσαν σε ρήγματα του ρηξιγενούς ιστού της περιοχής. Έτσι τα υπόλοιπα 60 τελικά σημεία κάμψης (Σχήμα 5.19) συναξιολογήθηκαν με τις φωτογραμμώσεις του σχήματος 3.38 α και β και με τον τρόπο αυτό προέκυψαν 7 νέες γραμμώσεις (Σχήμα 5.19) που επηρεάζουν τα προφίλ και θα συμπεριληφθούν στον τεκτονικό ιστό της περιοχής.

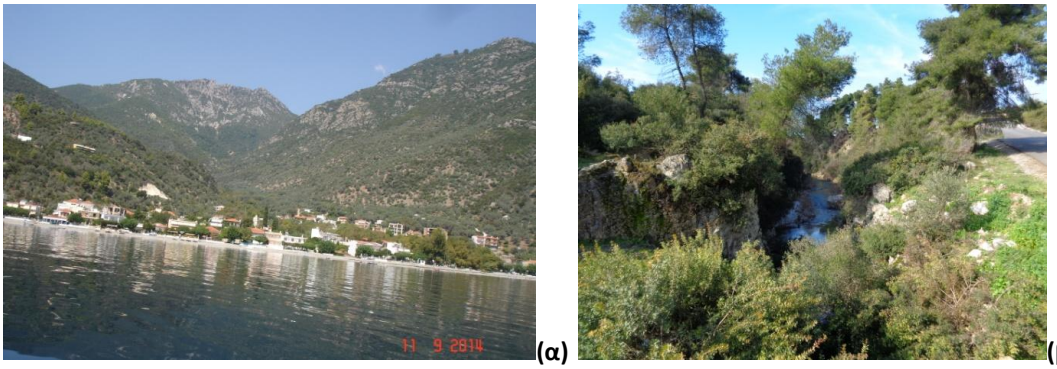
Ένα άλλο συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από τη μελέτη των σημείων κάμψης είναι πως εφόσον αυτά δεν σχετίζονται με την ανθεκτικότητα στη διάβρωση του πετρώματος στην περιοχή εμφάνισής τους, σχετίζονται με τον κύκλο διάβρωσης. Αποτελούν σημεία που ορίζουν δύο διαφορετικές φάσεις εξέλιξης της περιοχής όπως αποτυπώνεται από τη διαφορετική κλίση της κοίτης ανάντη και κατάντη του σημείου. Η τάση είναι η αφομοίωση της μεταβολής αυτής της κλίσης, δηλαδή η έναρξη διάβρωσης και εκβάθυνση πάνω από το σημείο της κάμψης ώστε η κάμψη να μετακινηθεί ανάντη και να εξαφανιστεί για να επιτευχθεί τελικά ένα εξισορροπημένο προφίλ. Έτσι σε ορισμένες λεκάνες, όπως για παράδειγμα στη λεκάνη Νο84 της ζώνης Δίρφυος, εντοπίζονται κάμψεις και κατάντη αυτών φαράγγια, ενώ σε άλλες, όπως για παράδειγμα στις λεκάνες της ζώνης Τελέθριου, τα σημεία κάμψης βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα και λόγω νεότητας δεν έχει αρχίσει ακόμη η εξάλειψή τους λόγω οπισθοδρομούσας διάβρωσης. Στη ζώνη Δίρφυος τα σημεία κάμψης φαίνεται να αντιστοιχούν στο όριο μεταξύ της αναγεννημένης περιοχής και της περιοχής που διανύει το στάδιο της

ωριμότητας. Είναι χαρακτηριστικό ότι πάνω από το όριο αυτό εμφανίζονται επιφάνειες επιπέδωσης. Τέλος επισημαίνεται πως η μεγάλη συγκέντρωση των σημείων κάμψης παρατηρείται στα δίκτυα που αποστραγγίζουν το ανερχόμενο τέμαχος του νότιου τμήματος της ζώνης Προκοπίου Πηλίου καθώς και στο ανερχόμενο τέμαχος της ζώνης Κεχριών, στη ζώνη Τελέθριου και στο ορεινό τμήμα της λεκάνης του Μεσσάπιου (ανατολικά τμήμα παράλληλων ρηγμάτων διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ εντός της λεκάνης καθώς και ρήγματος διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ). Η παρουσία των σημείων αυτών κάμψης αποτελεί ένδειξη της ενεργότητας των εν λόγω ζωνών (Σχήμα 5.18).

Στο σχήμα 5.2 απεικονίζονται οι επιμήκεις τομές των κοιτών των υδρογραφικών δικτύων στη στενή περιοχή εμφάνισης των σημείων κάμψης. Αυτά τα σημεία παρουσιάζονται γιατί αντιστοιχούν σε επτά (7) "γνωστούς" καταρράκτες στην περιοχή μελέτης. Πρόκειται για τους καταρράκτες Κρέμαση (μεταξύ των χωριών Μηλιές και Αγδίνες), Γερακιού (στο Πευκί), Δαφνοκούκι και μεγάλος καταρράκτης Δαφνοκούκι (μεταξύ Αιδηψού και Ροβιών), Παπάδες (μεταξύ των χωριών Παπάδες και Αγδίνες), Δρυμώνα (μεταξύ Κερασιάς και Δρυμώνα) και Έρια (μεταξύ Καθενών και Τριάδας). Εκτός από τα Έρια, κανένας άλλος δεν σχετίζεται με αλλαγή στη λιθολογική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών εκατέρωθεν του σημείου κάμψης αλλά οφείλονται σε τοπικές ρηγματώσεις, αλλαγές στην κλίση και σε συλλήψεις λόγω οπισθοδρομούσας διάβρωσης. Αναλυτικά, ο καταρράκτης Δαφνοκούκι (δίκτυο Νο38) δημιουργείται από την τομή του υδρογραφικού δικτύου από τη ρηξιγενή ζώνη Τελέθριου και ο καταρράκτης Γερακιού (δίκτυο Νο173) δημιουργείται από τοπικές ρηγματώσεις. Ο καταρράκτης Κρέμαση συνδέεται με τον αγκώνα σύλληψης που βρίσκεται στο ίδιο σημείο και οφείλει τη δημιουργία του στη διάβρωση λόγω αύξησης παροχής από τη σύλληψη του γειτονικού δικτύου. Ο καταρράκτης Παπάδες τέμνεται από ρήγμα που αλλάζει τη διεύθυνση του ποταμού και ο καταρράκτης Δρυμώνα δημιουργείται από απότομη αλλαγή κλίσης. Τέλος, ο καταρράκτης Έρια αποτελεί μια μικρή αποτομη υψομετρική αλλαγή που δημιουργείται από την ύπαρξη ασβεστολιθικών πάγκων κατά θέσεις στο κεντρικό τμήμα της κοίτης.



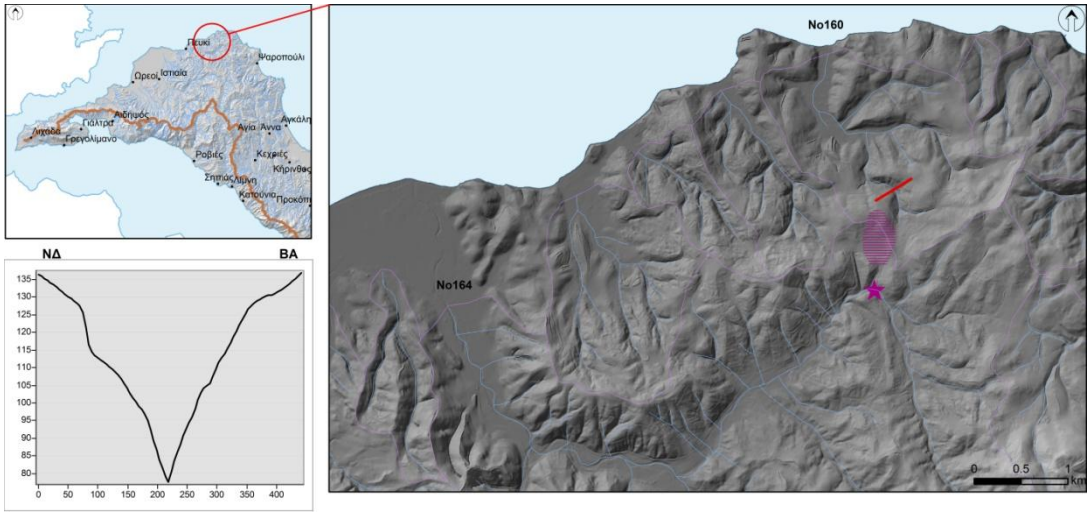
Σχήμα 5.13. Θέσεις διαφορετικών τύπων υδρογραφικού δικτύου και κοιλάδων, των φαραγγιών της περιοχής μελέτης, των καταρρακτών και των θέσεων πειρατείας δικτύων.
(Σε κόκκινο κύκλο απεικονίζεται ο παράλληλος τύπος δικτύων, ενώ με πράσινο κύκλο οι περιοχές ανάπτυξης των υδρογραφικών δικτύων παράλληλα στον κεντρικό υδροκρίτη).



(α) (β)

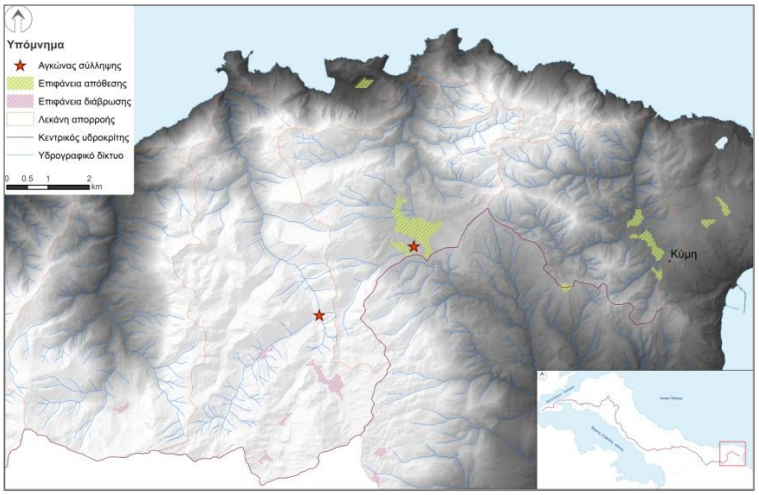
Σχήμα 5.14. Φωτογραφία έντονης κατά βάθος διάβρωσης (α) του δικτύου No37 στην περιοχή Ήλια (προσανατολισμός ΒΒΔ, ημερομηνία λήψης 11/09/2014) και (β) του δικτύου No78 (Μεσσάπιος ποταμός) βόρεια της περιοχής Πισσώνας (προσανατολισμός ΒΔ, ημερομηνία λήψης 27/01/2019).

Οι θέσεις των δικτύων φαίνονται στο σχήμα 5.13.

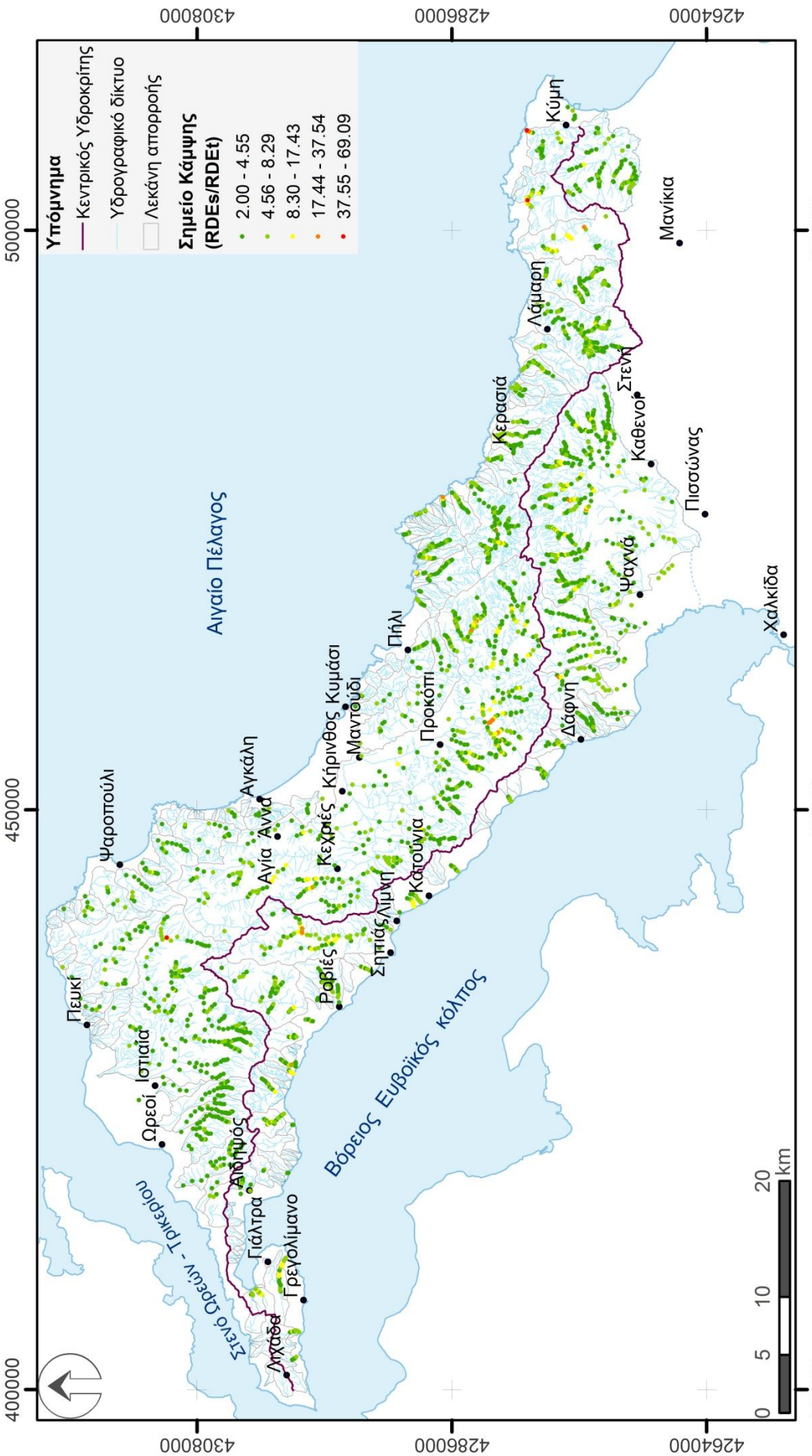


Σχήμα 5.15. Σύλληψη κλάδου του δικτύου No 160 από το δίκτυο No164 και εγκάρσια στην κοίτη τοπογραφική τομή όπου φαίνεται η έντονη κατά βάθος διάβρωση που δε δικαιολογείται από έναν τόσο μικρού μήκους κλάδο. Επίσης, φαίνεται ο αγκώνας της σύλληψης (αστεράκι) και η ανεμοτομή (μωβ επιφάνεια), ήδη εντοπισμένη ως επιφάνεια απόθεσης.

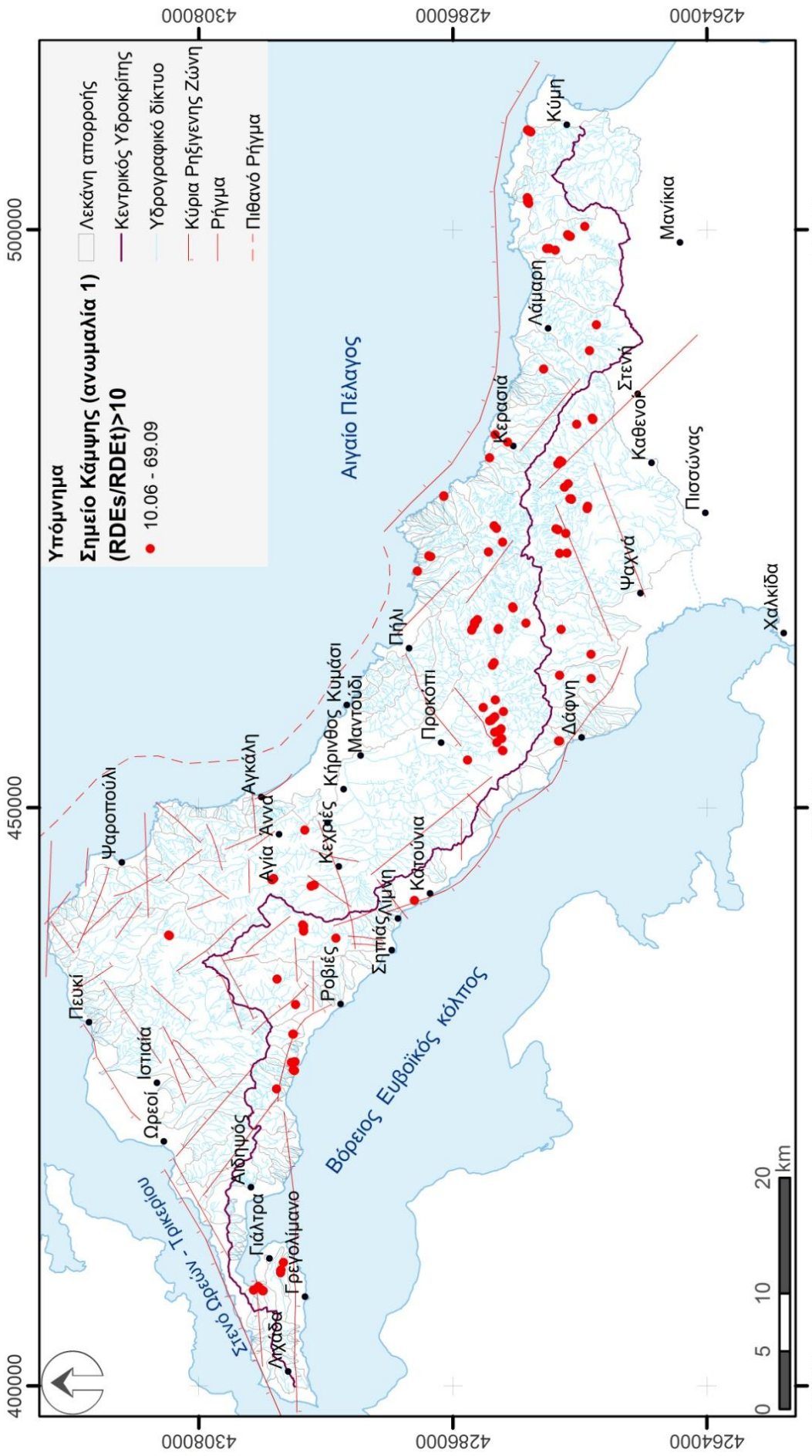
Η θέση της εγκάρσιας στην κοίτη τοπογραφικής τομής σημειώνεται με κόκκινη γραμμή.



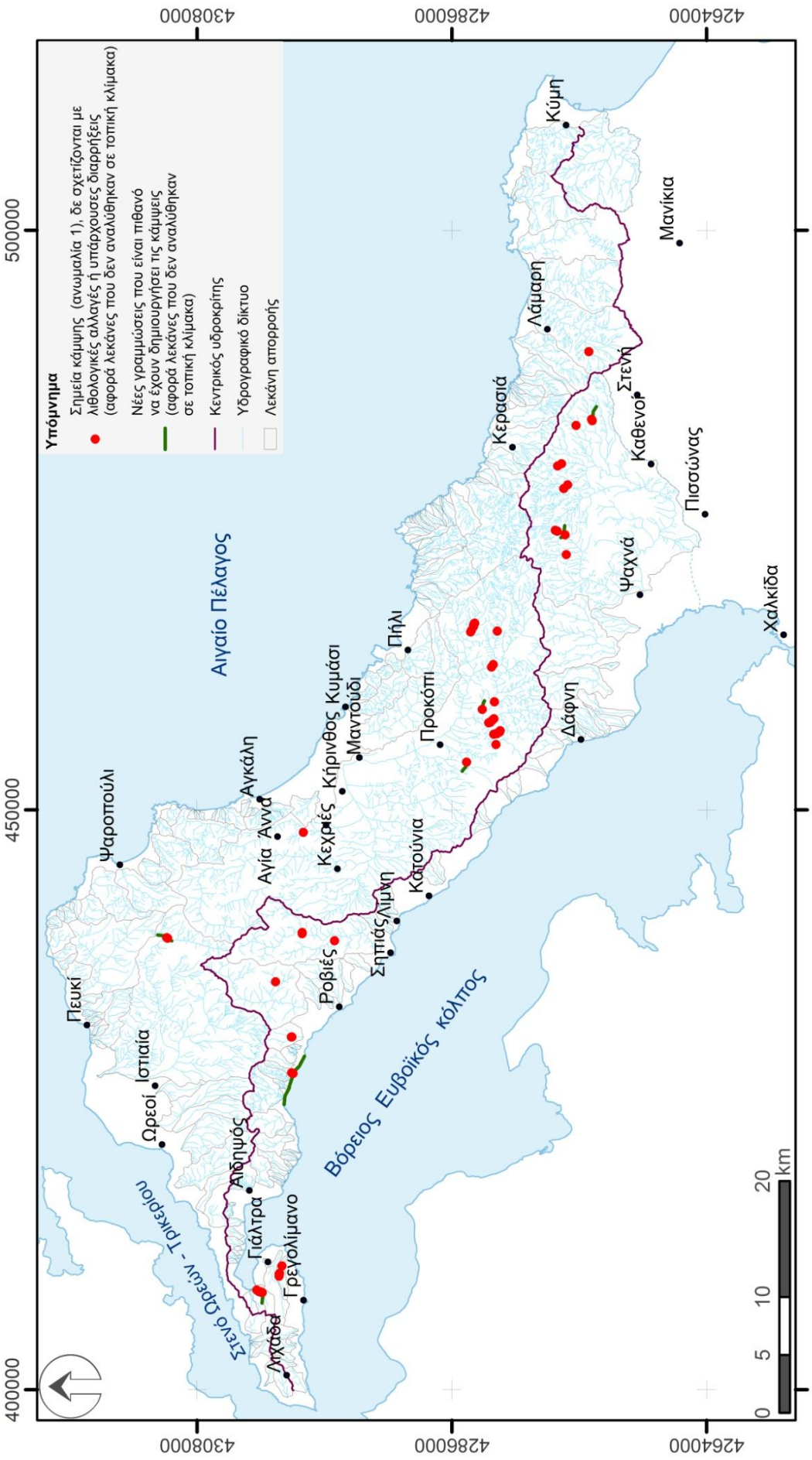
Σχήμα 5.16. Λεπτομέρεια πιθανών πειρατειών υδρογραφικών δικτύων στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης.



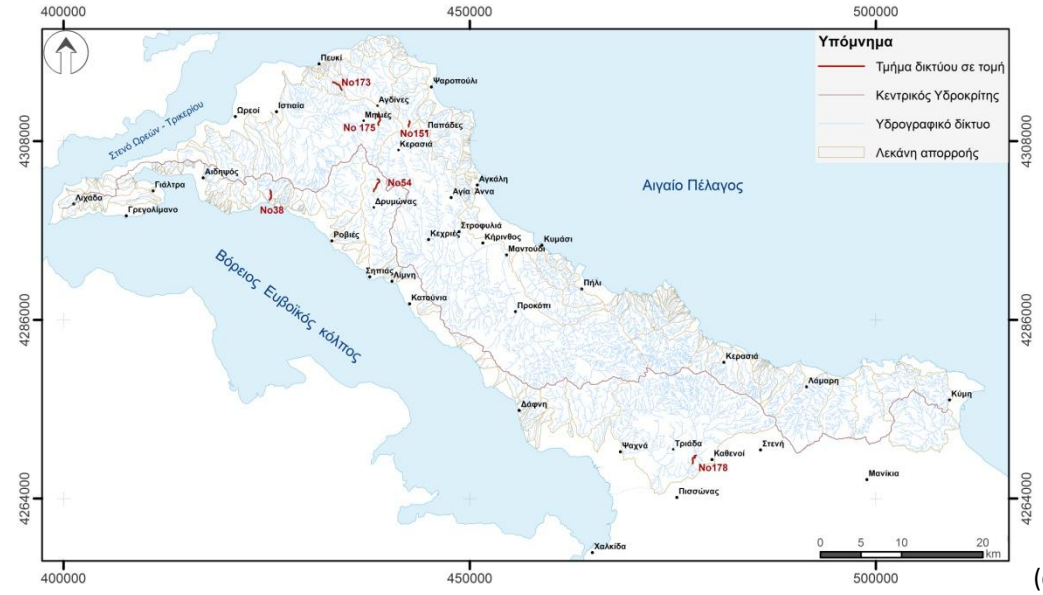
Σχήμα 5.17. Σημεία κάμψης συνολικά όπως υπολογίστηκαν- ανωμαλία 1 και 2 (δεν συμπεριλαμβάνοντια σημεία κάμψης των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα).



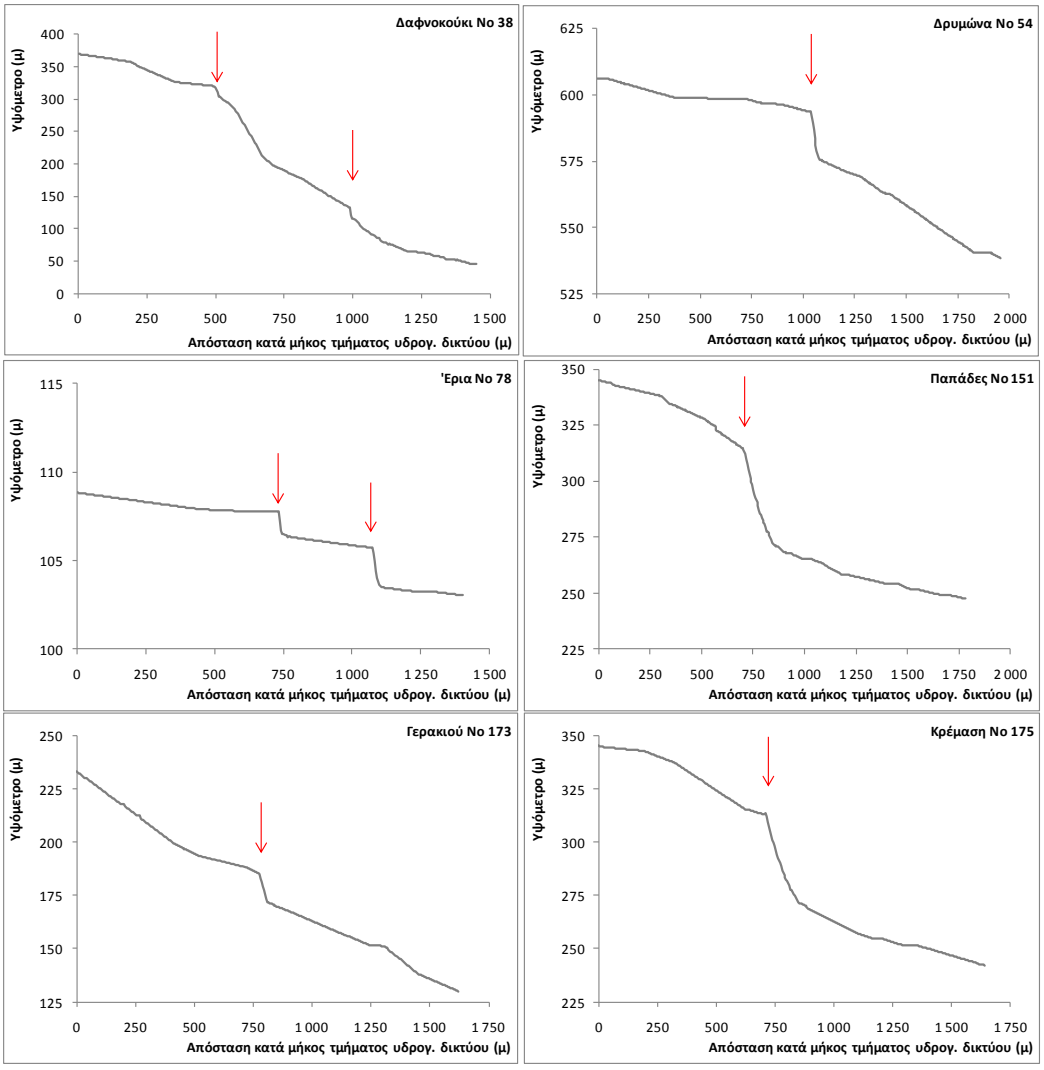
Σχήμα 5.18. Σημεία κάμψης μόνο ανωμαλία 1 (δεν συμπερλαμβάνοντια σημεία κάμψης των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα).



Σχήμα 5.19. Σημεία κάμψης που δε σχετίζονται με λιθολογικές αλλαγές και υπάρχουσες ρηγματώσεις. Επίσης, απεικονίζονται νέες εγκάρσια στις κοίτες γραμμώσεις που φαίνεται να τα δημιουργούν βάσει των σχημάτων 3.38 α και β (δεν συμπεριλαμβάνονται σημεία κάμψης των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα).



(α)



(β)

Σχήμα 5.20. (α) Θέσεις επιμήκων τομών και (β) Επιμήκεις τομές σε τμήματα των υδρογραφικών δικτύων στην περιοχή των σημείων κάμψης: δίκτυο No38-Δαφνικούκι, δίκτυο No54-Δρυμώνα, δίκτυο No78-Έρια, δίκτυο No151-Παπάδες, δίκτυο No173-Γερακιού και δίκτυο No175-Κρέμαση.

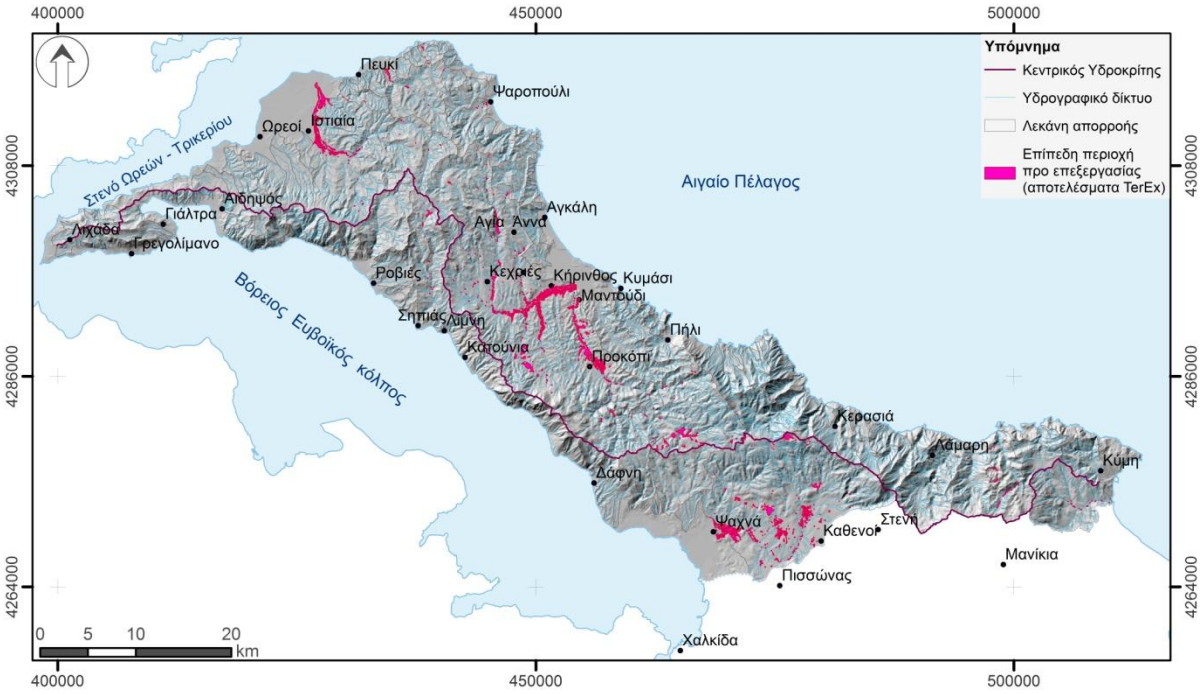
5.3.3.4 Ποτάμιες αναβαθμίδες

Στην περιοχή μελέτης, σε πολλές κοίτες του υδρογραφικού δικτύου, έχουν αναπτυχθεί χαμηλές ποτάμιες αναβαθμίδες ηλικίας ανώτερου Ολόκαινου οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελούνται από αδρομερές υλικό ενώ άλλοτε αποτελούνται από λεπτόκοκκο υλικό.

Ο χάρτης που προέκυψε από τη χρήση του εργαλείου TerEx (αρχικός χάρτης σχήματος 5.21) παρουσιάζει τις θέσεις των αναβαθμίδων (αναγνώριση γενικά επίπεδων περιοχών πλησίον της κοίτης) οι οποίες αναπτύσσονται κατά μήκος κοιτών συγκεκριμένων υδρογραφικών δικτύων και φαίνεται να υπαρχει συμφωνία με τη χαρτογράφηση των αναβαθμίδων της Εύβοιας από τον Genre (1999). Για τα εννέα αυτά δίκτυα (των λεκανών απορροής No 54, 78, 79, 83, 132, 151, 160, 164, 175) που χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη εκτενών επίπεδων επιφανειών εκατέρωθεν κοιτών, έγινε επαναπροσδιορισμός και διόρθωση των αναβαθμίδων βάσει της αναφερθείσας μεθοδολογία (φωτογραφίες έρευνας πεδίου στα σχήματα 5.22 και 5.23). Με τον τρόπο αυτό προέκυψε ο τελικός χάρτης του σχήματος 5.24 στον οποίο φαίνεται πως η κύρια εμφάνιση ποτάμιων αναβαθμίδων εντοπίζεται στα δίκτυα του Ξηροπόταμου, του Νηλέα, του Μεσσάπιου, του Κηρέα και ενός Ανώνυμου ρέματος ανατολικά από την περιοχή Πευκί. Επιπλέον, εντοπίστηκαν μεμονωμένες αναβαθμίδες σε σχετικά μεγαλύτερα υψόμετρα (σε σύγκριση με τις υπόλοιπες). Αναλυτικά, η έκταση των αναβαθμίδων κυμαίνεται από 5127 έως 72882 $μ^2$ στον ποταμό Ξηροπόταμο, από 7376 έως 83349 $μ^2$ στον ποταμό Νηλέα, από 5476 έως 481057 $μ^2$ στον ποταμό Μεσσάπιο, από 5928 έως 34191 $μ^2$ στον ποταμό Κηρέα και από 5712 έως 26703 $μ^2$ στο Ανώνυμο ρέμα. Τα ύψη τους πάνω από το επίπεδο της κοίτης κυμαίνονται από 1,2-6,9μ στον ποταμό Ξηροπόταμο, από 1-2,5 μ στον ποταμό Νηλέα, από 1,3-9,4 μ στον ποταμό Μεσσάπιο, από 1,6-4,9 μ στον ποταμό Κηρέα και από 1,5-3,5 μ στο Ανώνυμο ρέμα. Αναφορικά με τα υψόμετρα των αναβαθμίδων, αυτά κυμαίνονται από 31,8-96,3 μ στον ποταμό Ξηροπόταμο, από 49-94,4 μ στον ποταμό Νηλέα, από 17,4-49,2 μ στον ποταμό Μεσσάπιο, από 47,4-68,6 μ στον ποταμό Κηρέα και από 17,5-55,7 μ στο Ανώνυμο ρέμα Η πιο εκτενής αναβαθμίδα εντοπίζεται πλησίον των εκβολών του Μεσσάπιου όπου εντοπίζονται και οι χαμηλότερες υψομετρικά αναβαθμίδες ενώ τα χαμηλότερα ύψη αναβαθμίδων απαντώνται στο Νηλέα. Η ύπαρξη ποτάμιων αναβαθμίδων στο Νηλέα μπορεί

αν επιβεβαιώσει την ύπαρξη ανοδικών κινήσεων οι οποίες είναι πιθανό να οδήγησαν στην αναστροφή της ροής του (παράγραφος 5.3.3.2).

Το σύνολο των αναβαθμίδων που χαρτογραφήθηκαν, ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες σύμφωνα με το σχήμα 5.24. Ενδεικτικές εγκάρσιες τομές σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου του Ξηροπόταμου και του Νηλέα παρουσιάζονται στο σχήμα 5.25, όπου παρατηρούνται αναβαθμίδες τόσο σε ζεύγη όσο και μεμονωμένες (για τα δίκτυα αυτά, έχουν αναφερθεί ήδη τρεις τουλάχιστον αναβαθμίδες σε ύψη 1,5-7 μ από τους Λεοντάρη και Γκουρνέλλο (1991)). Αναφορικά με τις αναβαθμίδες που εμφανίζονται μεμονωμένες, κυρίως στο υδρογραφικό δίκτυο του Μεσσάπιου, αυτές εντοπίζονται εντός της ζώνης μαιανδρισμού φανερώνοντας αργή κατά βάθος διάβρωση και πλευρική μετανάστευση. Τα μειούμενα προς τις εκβολές υψόμετρα των αναβαθμίδων στις περισσότερες θέσεις φανερώνουν πως η φυσική ροή ήταν πάντα της φοράς που είναι σήμερα. Μεμονωμένες αναβαθμίδες σε μεγάλα υψόμετρα και σε μεγάλα ύψη από την κοίτη εντοπίζονται μεταξύ των λεκανών απορροής Νο83 και Νο84 (δυτικά της Κύμης) σε υψόμετρα περίπου 897 μ και 864 μ και θα μπορούσαν να συσχετιστούν με πειρατεία δικτύου. Ομοίως και σε ΒΑ και Ν τμήμα της λεκάνης Νο175 (ΝΑ και Ν της Ιστιαίας) σε υψόμετρα 222 μ, 479 μ και 367 μ, 363 μ αντίστοιχα, καθώς και στη λεκάνη Νο54 (ΒΑ των Ροβιών) σε υψόμετρο 309 μ. Με την τεκτονική της περιοχής και με φαινόμενα πειρατείας επίσης θα μπορούσαν να συνδεθούν οι αναβαθμίδες σε υψόμετρα 215 μ και 172 μ βόρεια της ζώνης Κεχριών μεταξύ των περιοχών Αγ. Άννα και Στροφυλιά. Περαιτέρω διερεύνηση και μεγαλύτερη κλίμακα εργασίας χρειάζεται προκειμένου να επιβεβαιωθούν οι ανωτέρω αναφερόμενες συσχετίσεις των αναβαθμίδων με πειρατείες.



Σχήμα 5.21. Αρχικός χάρτης με τις θέσεις των ποτάμιων αναβαθμίδων όπως προέκυψε από τη χρήση ημι-αυτοματοποιημένης μεθόδου, πριν τις απαραίτητες διορθώσεις.



(α) **(β)** **(γ)** **(δ)**

Σχήμα 5.22. Ποτάμιες αναβαθμίδες του ποταμού (α) Κηρέα στην περιοχή Προκόπι - ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 25/10/2020 προσανατολισμός ΒΒΑ, (β) ΒΔ, (γ) 02/02/2019, προσανατολισμός ΒΒΔ και (δ) Ξηροπόταμου - ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 27/10/2020, προσανατολισμός ΒΑ.



(α)

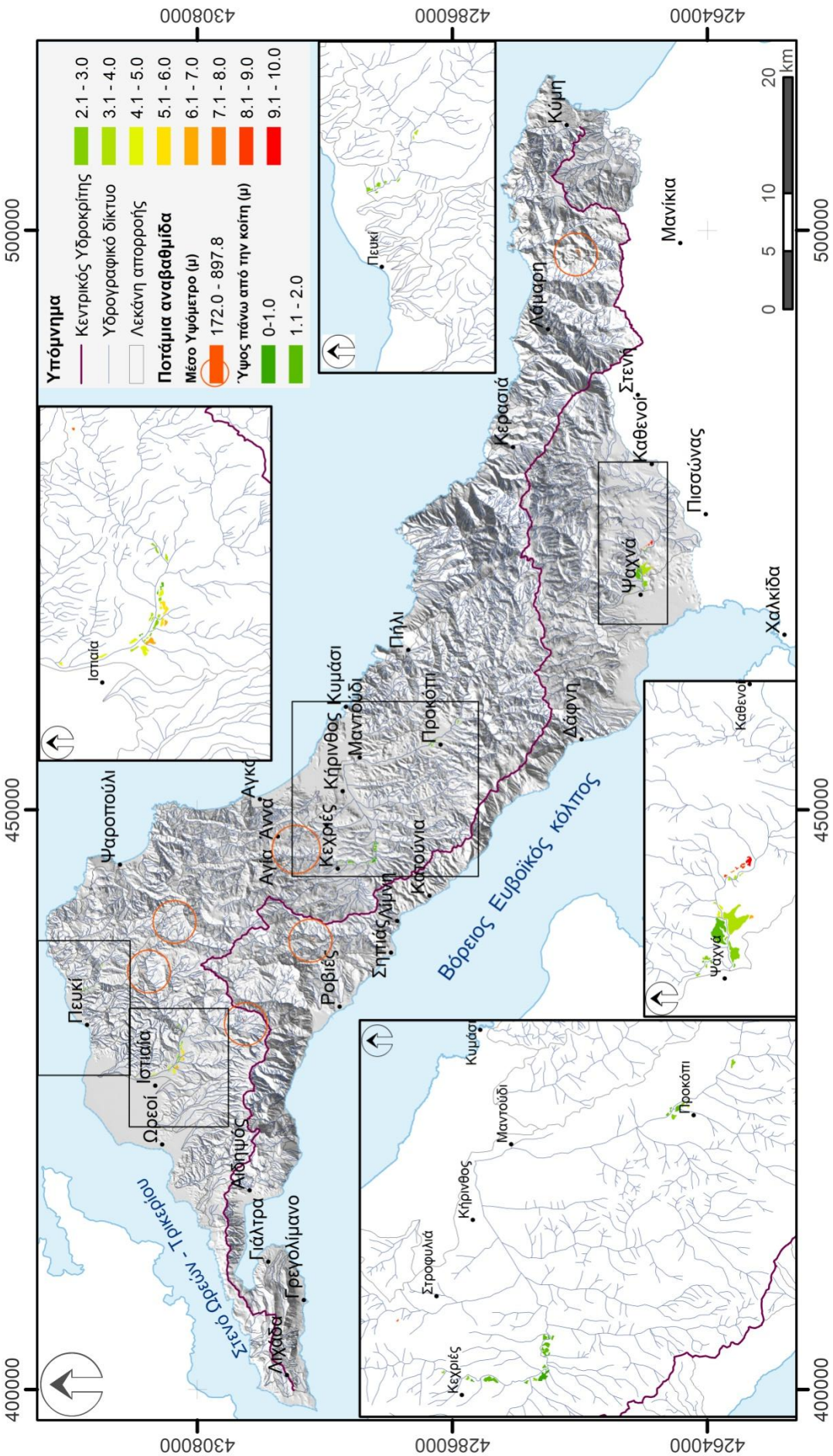


(β)

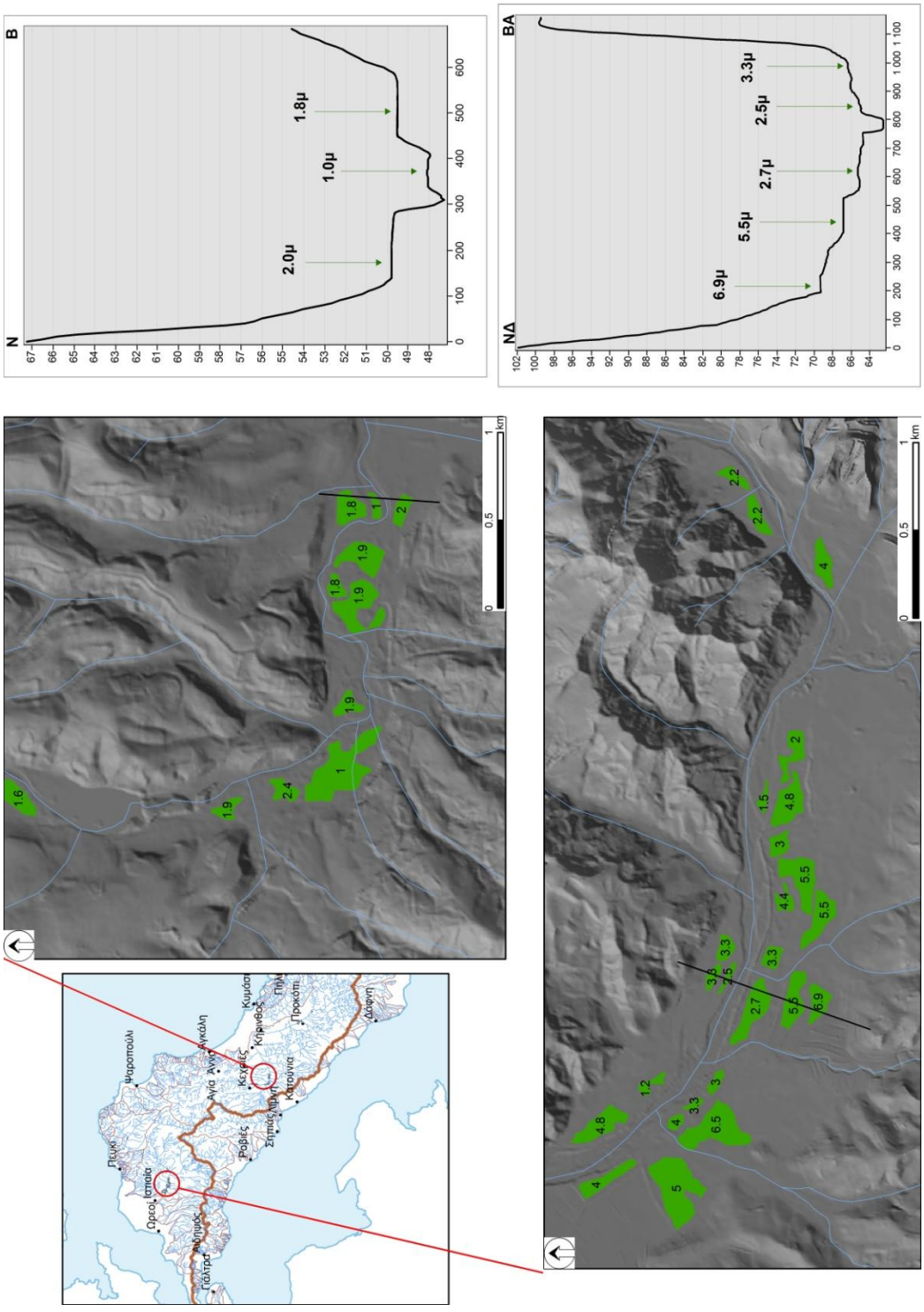


(γ)

Σχήμα 5.23. Ποτάμιες αναβαθμίδες σε διάφορες θέσεις του ποταμού Μεσσάπιου - ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 24/10/2020, προσανατολισμός (α) Δ, (β) ΒΔ και (γ) ΒΑ.



Σχήμα 5.24. Ποτάμιες αναβαθμίδες περιοχής μελέτης.



Σχήμα 5.25. Ενδεικτικές τομές εγκάρσια στις κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων Ξηροπόταμου και Νηλέα όπου αναπτύσσονται ποτάμιες αναβαθμίδες.

5.3.4 Περιγραφή κύριων παράκτιων γεωμορφών

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται τα ευρήματα της μελέτης των παράκτιων αλλουβιακών ριπιδίων, των δελταϊκών ριπιδίων, των θαλάσσιων αναβαθμίδων, των θαλάσσιων εγκοπών, των ψηφιδοπαγών αιγιαλών και άλλων παράκτιων μορφών.

5.3.4.1 Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια

Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης στις εκβολές των ρεμάτων των λεκανών απορροής Νο2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 22, 23, 24, 25, 35, 37, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 65, 67, 74, 75, 76, 188 και 189 (Σχήματα 5.26 και 5.27). Η έκταση των παράκτιων αλλουβιακών ριπιδίων κυμαίνεται από 0,01-3,78 χλμ^2 (μικρότερης έκτασης αλλουβιακοί κώνοι εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης αλλά δεν αποτυπώθηκαν). Το μεγαλύτερο ριπίδιο είναι αυτό που δημιουργείται από το χείμαρρο της λεκάνης απορροής Νο76 και το μικρότερο αυτό της λεκάνης Νο6. Για κάθε λεκάνη απορροής των ριπιδίων εκτιμήθηκε η ποσοστιαία κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών εντός αυτής με σκοπό να συσχετιστεί με την έκταση και τη μορφολογική κλίση του ριπιδίου. Η συσχέτιση αυτή έδειξε πως δεν είναι σημαντική και συνεπώς ο ρόλος του υποβάθρου στις διεργασίες σχηματισμού του ριπιδίου δεν είναι καθοριστικός λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος.

Το σύστημα ριπίδιο – λεκάνη απορροής για το σύνολο των ριπιδίων που μελετήθηκαν ταξινομήθηκε σε τέσσερις (4) ομάδες (Σχήμα 5.27), όπως αναλυτικά περιγράφεται παρακάτω, λαμβάνοντας υπόψη το τεκτονικό καθεστώς στο οποίο ανήκει. Για την ταξινόμηση αυτή αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της εκτίμησης ορισμένων μορφομετρικών παραμέτρων τόσο των λεκανών όσο και των αντίστοιχων ριπιδίων τους. Οι τιμές των παραμέτρων των λεκανών απορροής έχουν ήδη υπολογιστεί στο κεφάλαιο 4 ενώ οι παράμετροι των αλλουβιακών ριπιδίων φαίνονται στον πίνακα 5.1) με βάση τις πρωτογενείς διεργασίες απόθεσης (ποτάμιες, ροών κορημάτων ή συνδυασμός των δύο).

Τα τέσσερα (4) ριπίδια της ομάδας 1 είναι μικρής έκτασης με μέσο εμβαδόν 0,09 χλμ^2 και έχουν διαμορφωθεί από λεκάνες απορροής αντίστοιχα μικρής έκτασης. Έχουν αναπτυχθεί πλευρικά των μεγαλύτερων ριπιδίων άλλων ομάδων καλύπτοντας τμήμα της επιφάνειάς τους.

Το σχήμα τους είναι κωνικό και δεν έχουν καλά αναπτυγμένο δίκτυο κοιτών, η κλίση είναι μεγάλη και τα μορφολογικά, όπως και τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των λεκανών τους φανερώνουν πως είναι ριπίδια που κυριαρχούνται από ροές κορημάτων.

Η ομάδα 2 αποτελείται από τρία (3) ριπίδια που αναπτύσσονται σε παρόμοιο τεκτονικό καθεστώς. Τόσο τα ριπίδια όσο και οι λεκάνες τους αναπτύσσονται στο ανερχόμενο τέμαχος των κανονικών ρηγμάτων που τείνουν να είναι παράλληλα στις ακτές. Η έκταση του συστήματος ριπίδιο-λεκάνη απορροής είναι μικρότερη από αυτή της προηγούμενης ομάδας και η κλίση τους είναι ίδια (μεγάλη λόγω της τεκτονικής ανύψωσης).

Η ομάδα 3 αποτελείται από δεκατρία (13) ριπίδια με σαφώς μεγαλύτερο εμβαδό από αυτό των προηγούμενων ομάδων και εντοπίζονται μεταξύ των τμημάτων των ενεργών ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής μελέτης ή κοντά στις απολήξεις τους (το σύστημα ριπίδιο-λεκάνη δεν επηρεάζεται άμεσα από τις κύριες ρηξιγενείς ζώνες). Οι περιοχές αυτές σύμφωνα με τους Leeder & Jackson (1993) είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη μεγάλης έκτασης λεκανών. Το σχήμα αυτών των ριπιδίων είναι ημικυκλικό με μικρή κλίση και γενικά είναι ριπίδια που κυριαρχούνται από ποτάμιες διεργασίες καθώς οι κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων αποθέτουν και προσχώνουν στην έξοδό τους από τις λεκάνες.

Η ομάδα 4 αποτελείται από δεκαέξι (16) ριπίδια. Το με κοινό τους χαρακτηριστικό πως η λεκάνη απορροής βρίσκεται στο ανερχόμενο τέμαχος κανονικού ρήγματος και το ριπίδιο αναπτύσσεται στο κατερχόμενο. Τα ριπίδια αυτής της κατηγορίας έχουν τη μεγαλύτερη μέση τιμή εμβαδού σε σύγκριση με εκείνα των υπολοίπων ομάδων. Πρόκειται για ριπίδια που κυριαρχούνται από καθαρά ποτάμιες διεργασίες μεταφοράς και απόθεσης τα οποία έχουν δημιουργηθεί από επίσης μεγάλης έκτασης λεκάνες απορροής. Τα περισσότερα ριπίδια της ομάδας έχουν σχήμα επίμηκες τριγωνικό (Σχήμα 5.26α) και κυριαρχούνται από ποτάμιες διεργασίες, ενώ δε λείπουν και περιπτώσεις όπου η απόθεση ιζημάτων στις εκβολές δημιουργεί μια περιοχή ενεργού πρόσχωσης στον άμεσο χώρο των εκβολών (Σχήμα 5.26β). Τα τριάντα έξι (36) ριπίδια της ανατολικής ακτής του Ευβοϊκού κόλπου που μελετήθηκαν στην παρούσα έχουν αναλυθεί μορφομετρικά σε συνδυασμό με ριπίδια των δυτικών ακτών του κόλπου και έχουν προκύψει σχέσεις μεταξύ έκτασης ριπιδίου, κλίσης ριπιδίου και εμβαδού λεκάνης απορροής (Valkanou et al., 2013).

Συνοψίζοντας, μπορεί να σημειωθεί πως μεγάλης έκτασης λεκάνες απορροής που έχουν αναπτυχθεί κοντά στις απολήξεις των ενεργών ρηγμάτων έχουν διαμορφώσει μικρής κλίσης και μεγάλης έκτασης ριπίδια που κυριαρχούνται από ποτάμιες διεργασίες, ενώ χείμαρροι με μικρές τραχείς λεκάνες απορροής που βρίσκονται σε ανυψωμένα τεμάχη ρηγμάτων έχουν δημιουργήσει μεγάλης κλίσης ριπίδια όπου κυριαρχεί η κίνηση υλικών λόγω βαρύτητας. Παράλληλα από τη σύγκριση του εμβαδού των ριπιδιών και με βάση τους Allen & Densmore (2000), σημειώνεται πως είναι πιθανό η μεγαλύτερη έκταση των ριπιδίων της ζώνης Κανδηλίου να αντιστοιχεί σε μικρότερο ρυθμό ολίσθησης σε σύγκριση με αυτόν της ζώνης Τελέθριου ο οποίος φαίνεται να είναι μεγαλύτερος αφού τα ριπίδια είναι μικρότερα.

Πίνακας 5.1. Έκταση και κλίση αλλουβιακών ριπιδίων (η αρίθμηση στηρίζεται στο Νο λεκάνης απορροής του συστήματος).

Αριθμός	Εμβαδό ($χλμ^2$)	Μέση κλίση	Ομάδα	Αριθμός	Εμβαδό ($χλμ^2$)	Μέση κλίση	Ομάδα
6	0.0112	0.13	1	54	0.7899	0.01	3
43	0.0462	0.13	1	189	0.3911	0.03	3
50	0.1245	0.06	1	2	0.3107	0.05	4
75	0.1609	0.04	1	3	0.1419	0.09	4
58	0.0905	0.04	2	4	0.2805	0.08	4
59	0.0342	0.04	2	5	0.0323	0.10	4
65	0.0201	0.09	2	7	0.1008	0.10	4
9	0.0814	0.04	3	35	0.0603	0.13	4
10	0.1247	0.04	3	42	0.1145	0.09	4
22	0.3285	0.03	3	44	0.0813	0.20	4
23	0.1653	0.03	3	45	0.0519	0.18	4
24	0.9363	0.02	3	46	0.1498	0.13	4
25	0.413	0.05	3	47	1.768	0.03	4
37	0.1626	0.07	3	48	0.3853	0.05	4
49	0.1453	0.04	3	67	0.2828	0.06	4
51	0.2164	0.03	3	74	2.9417	0.02	4
52	0.1252	0.05	3	76	3.7758	0.01	4
53	0.078	0.06	3	188	0.2132	0.03	4

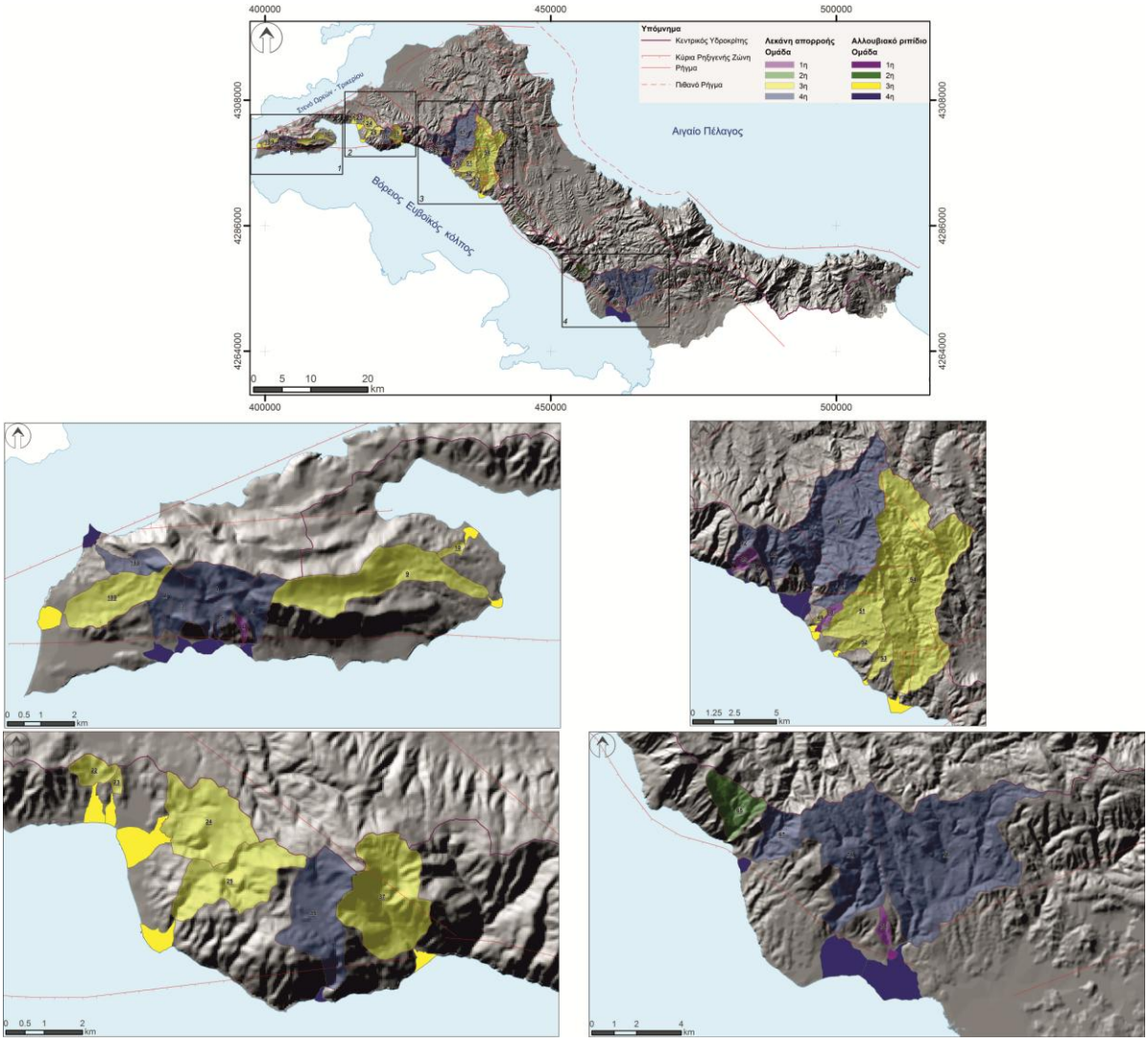


(α)

(β)

Σχήμα 5.26. Παράκτια αλλουβιακά ριπίδια (α) βόρεια της περιοχής Ροβιές, λεκάνη απορροής Νο46 και (β) νότια της περιοχής Δάφνη, λεκάνης απορροή Νο76.

Ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014 και 11/07/2015, με προσανατολισμό ΒΑ και ΝΔ, αντίστοιχα. Για τις θέσεις των λεκανών και των ριπιδίων βλέπε σχήμα 5.27.



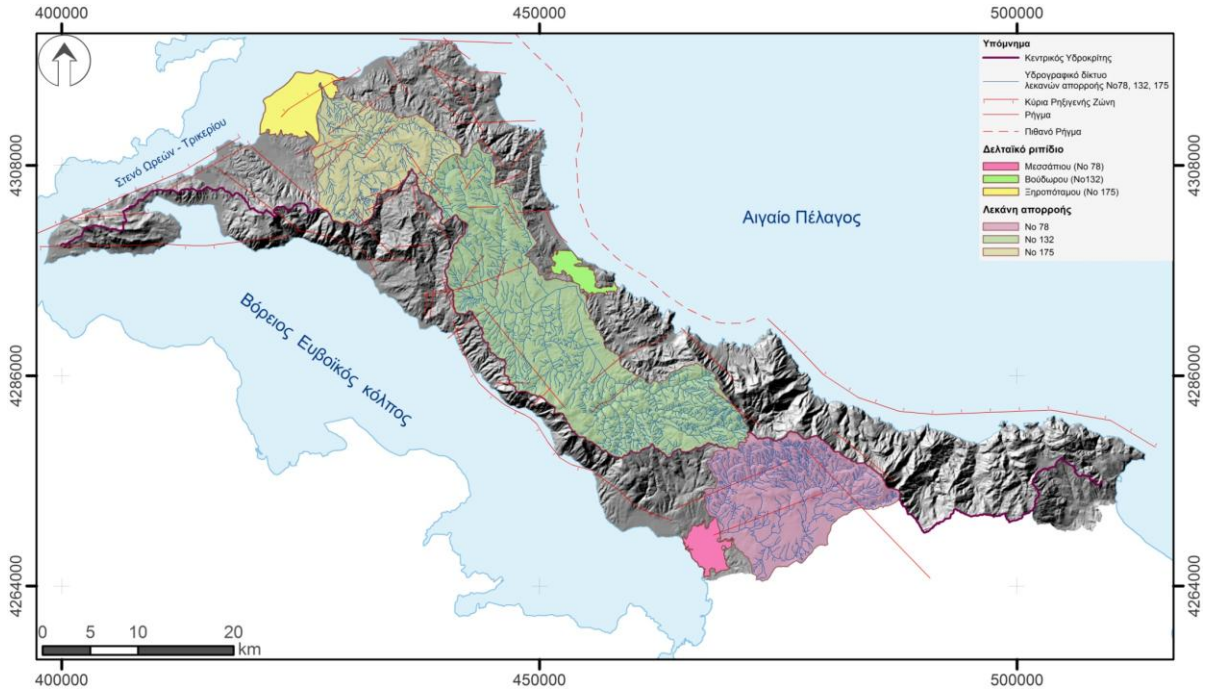
Σχήμα 5.27. Χάρτης με τις θέσεις των υπό μελέτη παράκτιων αλλουβιακών ριπιδίων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής, ταξινομημένα σε 4 ομάδες σύμφωνα με τις πρωτογενείς διεργασίες απόθεσης και την περιοχή ανάπτυξής τους σε σχέση με τις κύριες ρηξιγενείς ζώνες.

5.3.4.2 Περιγραφή δελταϊκών ριπιδίων

Οι μεγαλύτερης έκτασης δελταϊκές μορφές που εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης είναι τα δελταϊκά ριπίδια που σχηματίζονται στις εκβολές του χειμάρρου Ξηροπόταμου στις βόρειες ακτές, του ποταμού Βούδωρου στις ανατολικές ακτές, καθώς και του ποταμού Μεσσάπιου στις δυτικές ακτές του νησιού. Τα χαρακτηριστικά αυτών παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 5.2 και οι θέσεις των δελταϊκών ριπιδίων, του υδρογραφικού δικτύου που τα έχει δημιουργήσει και των αντίστοιχων λεκανών απορροής φαίνονται στο σχήμα 5.28.

Πίνακας 5.2. Χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, της αλλουβιακής κοιλάδας, της δελταϊκής πεδιάδας και της λεκάνης υποδοχής των δελταϊκών ριπιδίων της περιοχής μελέτης.

		Δελταϊκό ριπίδιο Ξηροπόταμου	**Δελταϊκό ριπίδιο Βούδωρου**	**Δελταϊκό ριπίδιο Μεσσάπιου**
Λεκάνη απορροής - Αλλουβιακή κοιλάδα	Ετήσιος υετός	875,4μμ	1116,6μμ	1038,1μμ
	Εμβαδό	128,67 χλμ^2	380,50 χλμ^2	182,50 χλμ^2
	Κλίση λεκάνης απορροής	11,78 ^{o}	13,75 ^{o}	12,27 ^{o}
	Μήκος υδρογραφικού δικτύου	390,34 χλμ	865,95 χλμ	456,78 χλμ
Δελταϊκή πεδιάδα	Τεκτονικό καθεστώς	Διακόπτεται από κανονικό ρήγμα υψηλού επιπέδου διακινδύνευσης – ΒΑ τμήμα στο κατερχόμενο τέμαχος και ΝΔ τμήμα στο ανερχόμενο τέμαχος	Ανερχόμενο τέμαχος της πιθανής προέκτασης της ρηξιγενούς ζώνης Δίρφυος	Πλησίον της νότιας απόληξης της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου
	Εμβαδό Δέλτα	37,03 χλμ^2	12,82 χλμ^2	17,25 χλμ^2
	Μήκος ακτογραμμής	13,77 χλμ	1,58 χλμ	11,42 χλμ
	Μέση ετήσια απορροή	~54hm^3	~299hm^3	~149hm^3
	Τύπος δελταϊκού ριπιδίου	Λοβοειδές	Τοξοειδές	Κολποειδές
Λεκάνη υποδοχής	Γεωμετρία λεκάνης	Α-Δ τάφρος - Στενό Ωρεών-Τρικερίου	Αιγαίο πέλαγος	ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης επέκταση της τάφρου του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου
	Πλάτος Παλίρροιας	12εκ	4,8εκ	17,5εκ
	Απόσταση της ισοβαθούς 50 μ από το μέτωπο του δελταϊκού ριπιδίου	1,08 χλμ	1,62 χλμ	9,5 χλμ



Σχήμα 5.28. Χάρτης θέσεων δελταϊκών ριπιδίων στην περιοχή μελέτης.

Η μεγάλη στερεοπαροχή (παροχή φερτών υλικών από την ευδιάβρωτη λιθολογία της λεκάνης απορροής-σχήμα 5.29 αριστερά) του χειμάρρου Ξηροπόταμου (χείμαρρος περιοδικής ροής) στην Ιστιαία και η απόθεσή τους στη μειούμενης κλίσης περιοχή δημιούργησε το σχετικά εκτεταμένο δελταϊκό ριπίδιο στις εκβολές (σχήμα 5.29 δεξιά). Ο σχηματισμός και η εξέλιξη του εν λόγω δελταϊκού ριπιδίου όμως δεν ελέγχεται μόνο από την προσφορά και απόθεση των ποτάμιων ιζημάτων καθορίζεται επίσης από την τοπικές αλλαγές της στάθμης της θάλασσας και τις χρήσεις γης στα ανάντη και κατά μήκος της παράκτιας ζώνης.

Το ριπίδιο αποτελείται από αλλουβιακές αποθέσεις που περιλαμβάνουν ασύνδετα υλικά, ήτοι άμμοι και κροκαλολατύπες κατά μήκος κυρίως της κοίτης του χειμάρρου, και χαλαρά αργιλοαμμώδη και αδρομερέστερα υλικά. Κατά μήκος των ακτών επίσης απαντώνται άμμοι ακτών και θινών και ιλύς τεναγών. Πρόκειται για ένα δελταϊκό ριπίδιο με λοβοειδή μορφή, καλύπτει επιφάνεια 37,03 χλμ^2 και έχει μέση κλίση δελταϊκής πεδιάδας 0,55^o. Από τεκτονικής άποψης, το ριπίδιο διακόπτεται από ένα ρήγμα υψηλού επιπέδου διακινδύνευσης παράλληλο προς την ακτή, το οποίο ταπεινώνει την περιοχή ΒΑ αυτού και ανυψώνει τη ΝΔ. Τόσο το δελταϊκό ριπίδιο όσο και η λεκάνη απορροής ανήκουν στο μέσης παραγωγικότητας κοκκώδες υδροφόρο σύστημα Ιστιαίας – Λίμνης το οποίο είναι σε επικοινωνία με τη θάλασσα χωρίς όμως έντονη υφαλμύρωση λόγω της μεγάλης ανάπτυξης μαργών και σχιστολίθων. Η κύρια

τροφοδοσία του συστήματος είναι ο ποταμός Ξηροπόταμος και οι βροχοπτώσεις (Δάνδολος και Ζοράπας, 2010).

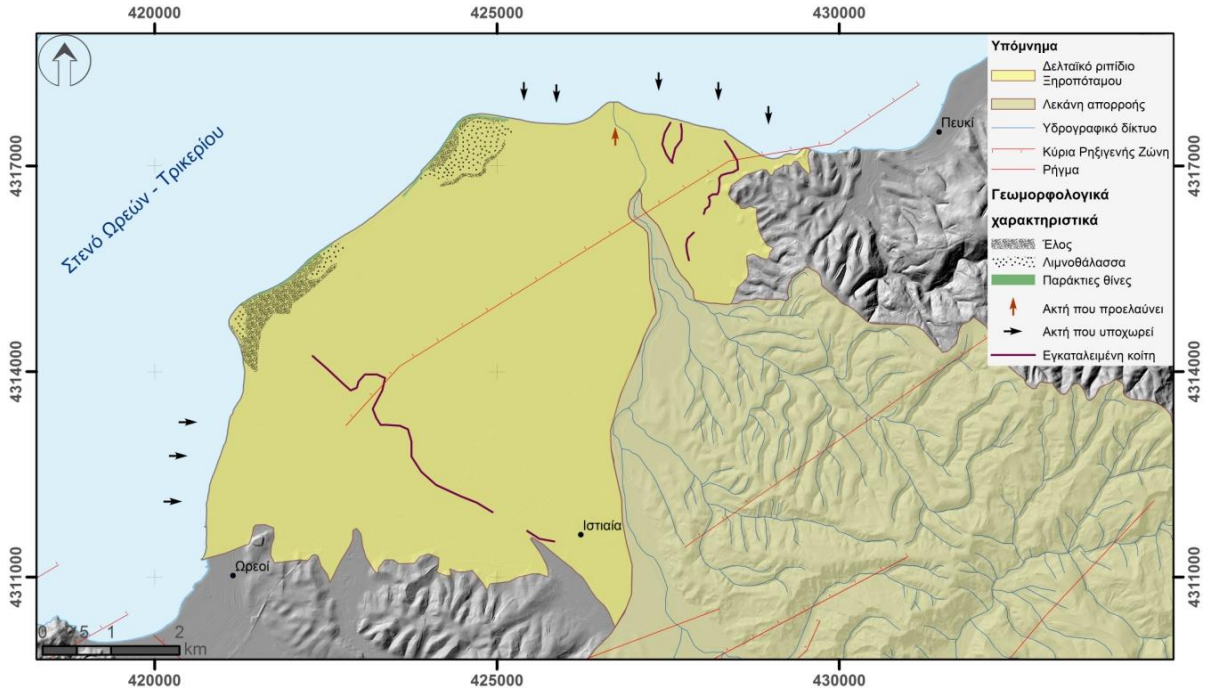
Από λιθολογικής άποψης η λεκάνη απορροής του Ξηροπόταμου αποτελείται κυρίως από μαργαϊκούς σχηματισμούς (78,7%), από προσχωσιγενείς αποθέσεις (6,9%), από φυλλίτες (4,3%), από κροκαλοπαγή (4,1%) και από γνευσίους/γνευστοσχιστολίθους (3%) (το υπόλοιπο 3% από διάφορους σχηματισμούς σε μικρή αναλογία).

Όπως αναλυτικά φαίνεται και στο σχήμα 5.3, ανατολικά της σημερινής εκβολής του χειμάρρου εντοπίζονται δύο υγροβιότοποι, το μεγάλο Λιβάδι και το μικρό Λιβάδι. Και οι δύο, είναι φυσικοί παράκτιοι υγρότοποι που κατατάσσονται στις παράκτιες υφάλμυρες ως αλμυρές λίμνες που έχουν μία ή περισσότερες διόδους επικοινωνίας με τη θάλασσα (WWF Ελλάς (δ), 2013 και WWF Ελλάς (ε), 2013) και στους οποίους εντοπίζονται, εκτός των παράκτιων λιμνοθαλασσών, παράκτιες θίνες και έλη. Επίσης, μεταξύ των κυρίαρχων γεωμορφών είναι οι παλαιοκοίτες, όπως αποτυπώθηκαν από τους ιστορικούς χάρτες, και οι περιοχές προέλασης και διάβρωσης, όπως προέκυψαν τόσο από συγκρίσεις της ακτογραμμής όσο και από τη μελέτη των Vassilakis & Papadopoulou-Vrynioti (2014) οι οποίοι επίσης υπολόγισαν ρυθμούς υποχώρησης και προέλασης οι οποίοι ανέρχονται σε 0,98 και 1,36 μ/χρόνο αντίστοιχα.





Σχήμα 5.29. Υλικά κοίτης του Ξηροπόταμου αριστερά και κεντρικό σημείο του δελταϊκού ριπιδίου Ιστιαίας δεξιά (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 19/08/2015, προσανατολισμός προς ΒΑ και ΒΔ αντίστοιχα).



Σχήμα 5.30. Το δελταϊκό ριπίδιο του Ξηροποταμου.

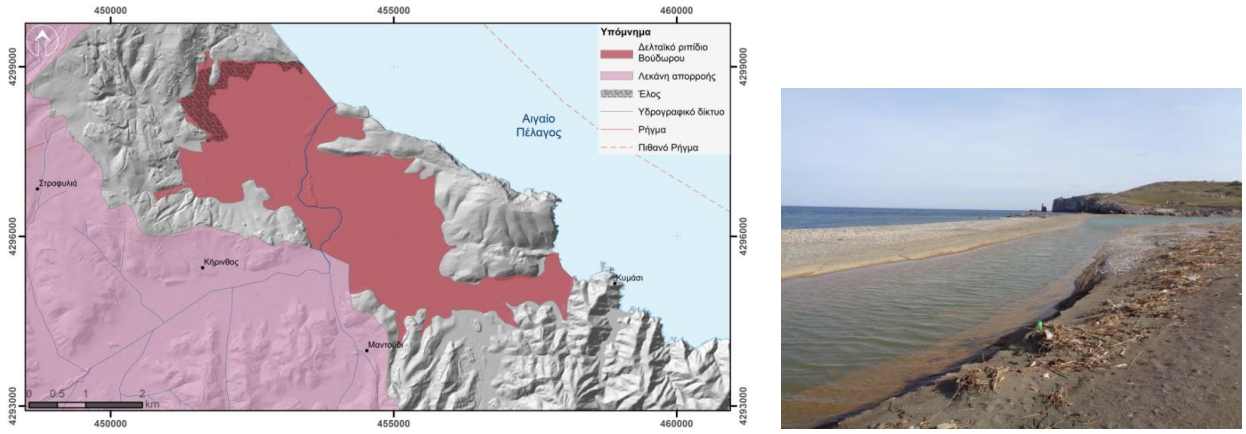
Το δελταϊκό ριπίδιο του Βούδωρου ποταμού δημιουργείται από το μεγαλύτερο ποτάμιο σύστημα της περιοχής μελέτης, το οποίο έχει συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στη διαμόρφωση του αναγλύφου του νησιού. Βόρεια της περιοχής Μαντούδι οι μεγάλοι ποταμοί Νηλέας και Κηρέας συμβάλουν και σχηματίζουν τον ποταμό Βούδωρο ο οποίος έχει μόνιμη ροή, αν και μικρή τους καλοκαιρινούς μήνες, και δημιουργεί έναν υγρότοπο στην περιοχή των εκβολών (Σχήμα 5.31 και Σχήμα 5.32α).

Το ριπίδιο αποτελείται από προσχωσιγενείς αποθέσεις, ενώ κατά μήκος της ακτής απαντώνται αποθέσεις από άμμο, χαλίκια και κροκάλες που αποτελούν αποθέσεις από τη δράση του κυματισμού και των παράκτιων ρευμάτων, ενώ στο ΒΔ τμήμα στην περιοχή του έλους (Σχήμα 5.31) οι αποθέσεις συνίστανται σε πολύ λεπτομερή υλικά (πηλοί κ.ά.). Πρόκειται για ένα δελταϊκό ριπίδιο σχεδόν τοξοειδούς μορφής, το οποίο καλύπτει επιφάνεια 12,82 χλμ^2 και έχει μέση κλίση 0,59^o. Από τεκτονικής άποψης, το ριπίδιο αναπτύσσεται στο ανερχόμενο τέμαχος της πιθανής προέκτασης της ρηξιγενούς ζώνης Δίρφυος. Ένα μικρό τμήμα του ριπιδίου και της λεκάνης (κυρίως το ανατολικό τους τμήμα) ανήκει στο ρωγμώδες υδροφόρο σύστημα Μαντουδίου (κύρια πηγή τροφοδοσίας του συστήματος είναι ο Νηλεάς και ο Κηρέας καθώς και οι βροχοπτώσεις), ενώ ένα άλλο επίσης μικρό τμήμα της λεκάνης απορροής (ΝΑ τμήμα)

ανήκει στο καρστικό σύστημα Δίρφυος το οποίο τροφοδοτείται από βροχοπτώσεις (Δάνδολος και Ζοράπας, 2010).

Από λιθολογικής άποψης η λεκάνη απορροής του Βούδωρου ποταμού αποτελείται κυρίως από μαργαϊκούς σχηματισμούς (35,3%), από ασβεστόλιθους (21,3%), από οφιολίθους (19,3%), από σχιστοκερατολιθική διάπλαση (10,4%) και από αλλουβιακές αποθέσεις (6,7%) (το υπόλοιπο 7% από διάφορους σχηματισμούς σε μικρή αναλογία).

Στο ΒΔ τμήμα του ριπιδίου εντοπίζεται το έλος «Βάλτος» ή Αλμυρόρεμα (Σχήμα 5.32β), ένας υγρότοπος μεγάλης έκτασης με μόνιμη παρουσία νερού και κατατάσσεται στα εκβολικά ύδατα και στις αμμώδεις – χαλικώδεις παραλίες (WWF Ελλάς (γ), 2013). Στο σχηματισμό του ριπιδίου συμβάλλουν, εκβάλλοντας αυτοτελώς, επίσης άλλα δύο μικρότερα υδρογραφικά δίκτυα. Το πρώτο, βρίσκεται ΒΔ του Βούδωρου και εκβάλλει ΝΑ του έλους και το δεύτερο βρίσκεται ΝΑ του Βούδωρου, εκβάλλει ΝΑ της εκβολής του Βούδωρου, στον κόλπο Κυμάσι. Η ασβεστολιθική λοφοσειρά που φαίνεται να διακόπτει το δελταϊκό ριπίδιο στο κεντρικό του τμήμα, αποτελούσε σύμφωνα με τους Φυτρολάκης κ.ά. (1988) μία νησίδα εντός της πεδιάδας του Μαντουδίου που πριν πληρωθεί με υλικά του Βούδωρου αποτελούσε έναν αβαθή κόλπο με αμμώδη πυθμένα. Εξαιτίας την κυματικής δράσης δεν είναι δυνατή η απόθεση υλικού εκτός της προστατευμένης από το λόφο περιοχής με αποτελέσμα η προσφορά ιζημάτων τα ποτάμια και η διάβρωση από τη θάλασσα να βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία.



Σχήμα 5.31. Το δελταϊκό ριπίδιο του Βούδωρου ποταμού αριστερά και οι εκβολές του δεξιά (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 02/02/2019, προσανατολισμός ΝΑ.



(α)

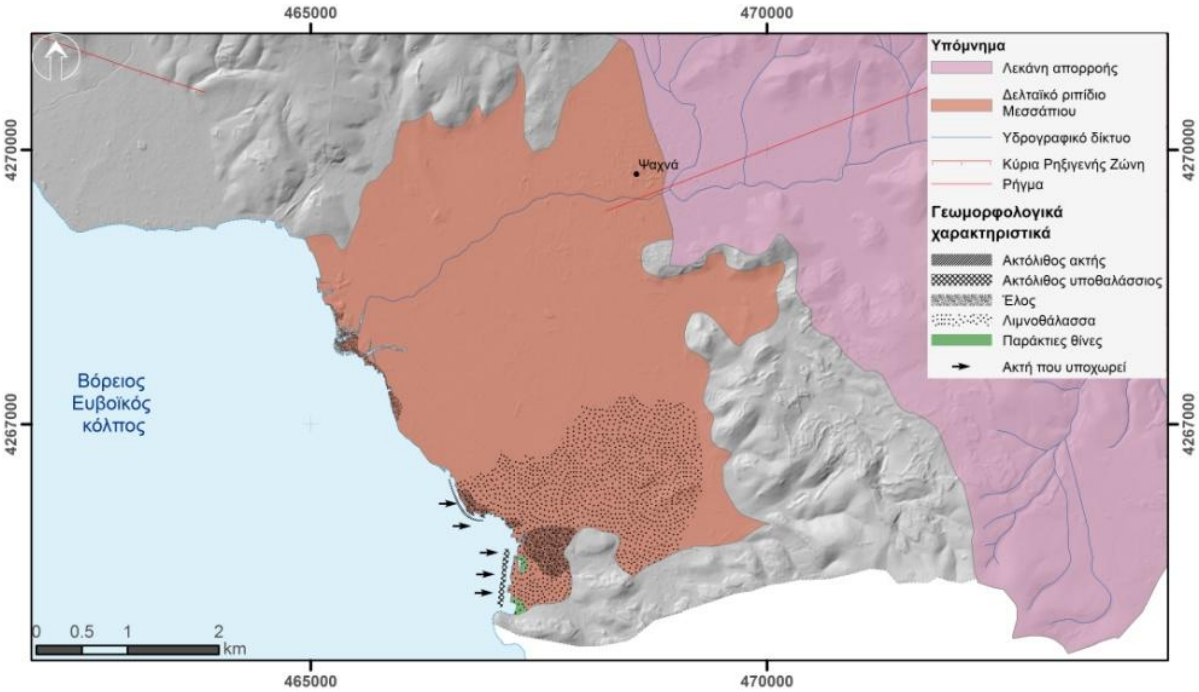
(β)

Σχήμα 5.32. (α) Το δελταϊκό ριπιδίο Βούδωρου (δορυφορική εικόνα Word Imagery του ArcMap) και (β) έλος «Βάλτος» ΒΔ της εκβολής του Βούδωρου.
Ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 25/10/2020, προσανατολισμός Δ.

Το δελταϊκό ριπίδιο του Μεσσάπιου ποταμού, ο οποίος είναι εφήμερης ροής, εντοπίζεται στην περιοχή Ψαχνά. Αποτελείται από αλλουβιακές αποθέσεις Ολοκαινικής ηλικίας, ήτοι πρόσφατοι σχηματισμοί, όπως ασύνδετα υλικά, άμμος και κροκαλολατύπες, προσχώσεις από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά. Πρόκειται για ένα δελταϊκό ριπίδιο με λοβοειδή μορφή, καλύπτει επιφάνεια 17,25 χλμ^2 και έχει μέση κλίση 1,05^o. Ο σχηματισμός του ριπιδίου κατά το Τεταρτογενές οφείλεται στην ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών, οι οποίες περιλαμβάνουν την έντονη διάβρωση εντός της λεκάνη απορροής (χαρακτηριστικό φαράγγι Αγάλης) και τη μεταφορά μεγάλης ποσότητας ιζημάτων σε συνδυασμό με τις υψηλές μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις και φυσικά τα ευνοϊκά για την απόθεση ποτάμιων ιζημάτων ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης υποδοχής (χαμηλός κυματισμός στο βόρειο Ευβοϊκό κόλπο). Από τεκτονικής άποψης, το δελταϊκό ριπίδιο βρίσκεται πλησίον της νότιας απόληξης της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου. Στη λεκάνη απορροής του εντοπίζονται δύο μεγάλου μήκους παράλληλα πιθανά ρήγματα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και ένα κάθετο σε αυτά. Τα εν λόγω ρήγματα φαίνεται να επηρεάζουν το υδρογραφικό δίκτυο και τη λεκάνη απορροής και οριοθετούν τη Νεογενή λεκάνη Πάλιουρας – Γίδες, δημιουργώντας μια περιοχή με απότομη κλίση και πυκνό υδρογραφικό δίκτυο και μια πιο ομαλή περιοχή στο νότιο τμήμα της λεκάνης με αραιό δίκτυο, αποτελούμενη από μάργες (χαρακτηριστική δημιουργία κώνων κορημάτων στο όριο αυτών). Υδρογεωλογικά η περιοχή του ριπιδίου και το χαμηλότερο υψομετρικά τμήμα της λεκάνης απορροής ανήκουν στο κοκκώδες υδροφόρο σύστημα Ψαχνών, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής ανήκει στο καρστικό υδροφόρο σύστημα Δίρφυος (σύμφωνα με την υδρογεωλογική έρευνα των Δάνδολος και Ζοράπας (2010)).

Από λιθολογικής άποψης η λεκάνη απορροής του Μεσσάπιου ποταμού αποτελείται κυρίως από ασβεστολίθους (47,9%), από μαργαϊκούς σχηματισμούς (14,1%), από οφιολίθους (12,3%), από αλλουβιακές αποθέσεις (12,2%) και από φλύσχη (7,8%) (το υπόλοιπο 5,7% από διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς σε μικρή αναλογία).

Οι εγκαταλειμμένες κοίτες και η παρουσία αδρομερών ιζημάτων κατά μήκος της ακτογραμμής φανερώνουν πως η ανάπτυξη του ριπιδίου είναι αποτέλεσμα της μετατόπισης των εκβολών των διακλαδιζόμενων κοιτών και της ποτάμιας τροφοδοσίας με ίζημα. Η εκβολή του Μεσσάπιου (Σχήμα 5.33) αποτελεί ένα σύστημα υγροτόπων που περιλαμβάνει την εκβολή του χειμάρρου με μόνιμη παρουσία νερού και ένα παράκτιο έλος σε άμεση αλληλεπίδραση με τη θάλασσα σύμφωνα με την απογραφή του WWF Ελλάς (α) (2013) και κατατάσσεται στα εκβολικά ύδατα και διαπαλιρροϊκά έλη. Στο νότιο τμήμα του ριπιδίου (Σχήμα 5.33), στην περιοχή όπου αποστραγγίζονται οι νότιες πλαγιές της οροσειράς Δίρφυς, εντοπίζεται επιπλέον μια χαμηλή παράκτια έκταση που αποτελεί τη λιμνοθάλασσα «Λιβάδι» ή «Έλος Ψαχνών» ή «Κολοβρέχτης» (περιλαμβάνεται στην απογραφή της WWF για τους υγροτόπους του Αιγαίου σύμφωνα με το WWF Ελλάς (2013) και ανήκει στα Διαπαλιρροϊκά έλη). Η περιοχή αυτή περιοδικά κατακλύζεται από γλυκό νερό (υγρότοπος) και πιθανά αποτελούσε τις παλαιότερες εκβολές του ποταμού (οι σημερινές εκβολές εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του ριπιδίου). Το φυσικό φράγμα μπροστά από τον υγρότοπο αποτελείται από ακτόλιθους (παράκτιους και βυθισμένους συνολικής έκτασης 0,05 χλμ^2) και πίσω από αυτό εντοπίζονται παράκτιες αμμώδεις θίνες (έκτασης 0,030 χλμ^2) σταθεροποιημένες με βλάστηση καθώς και ελώδεις εκτάσεις εμβαδού 0,29 χλμ^2 (Σχήμα 5.34). Η ακτή στη θέση του υγρότοπου φαίνεται να υποχωρεί από τη δράση των ρευμάτων παλίρροιας του κόλπου, ενώ παράλληλα έχει διαπιστωθεί μεγάλος κίνδυνος διατάραξης της ισορροπίας των φυσικών διεργασιών από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Παυλόπουλος κ.ά., 2002). Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως στην περιοχή αναπτύσσεται έντονη γεωργική δραστηριότητα, καθώς και πλήθος κτηνοτροπικών και πτηνοτροφικών, αλλά και βιομηχανικών μονάδων στην ευρύτερη περιοχή.



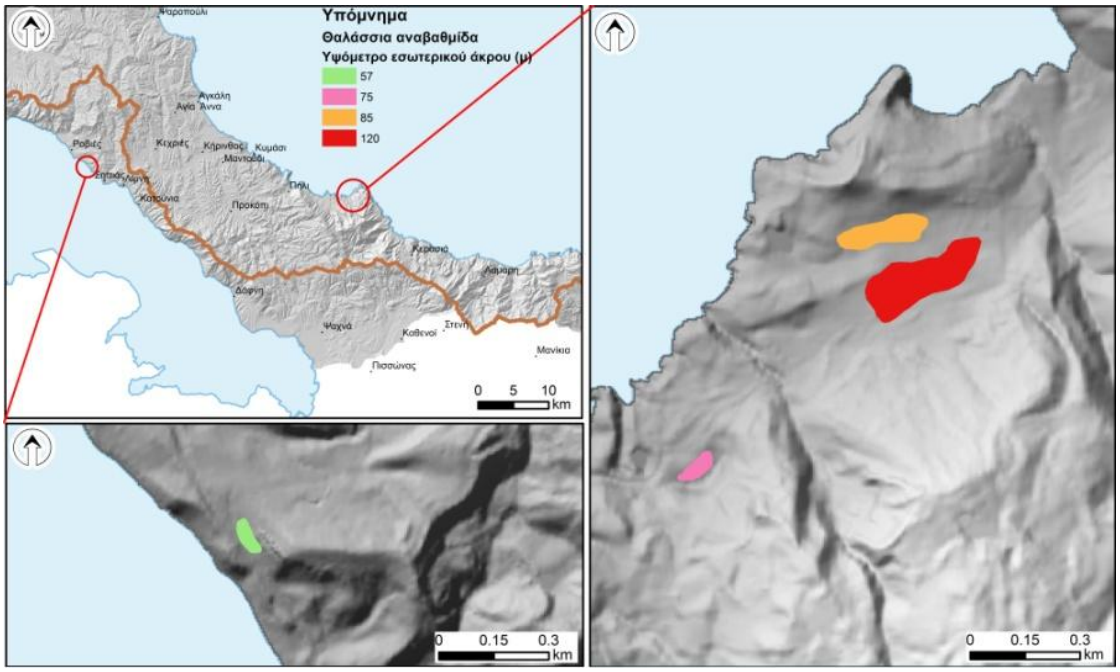
Σχήμα 5.33. Το δελταϊκό ριπίδιο του Μεσσάπιου ποταμού.



Σχήμα 5.34. Φωτογραφία υγρότοπου Λιβάδι
(ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 24/10/20, προσανατολισμός ΝΔ).

5.3.4.3 Θαλάσσιες αναβαθμίδες

Στην περιοχή μελέτης παρατηρείται εμφάνιση θαλάσσιου Πλειόκαινου σε συγκεκριμένες περιοχές στις δυτικές και στις ανατολικές ακτές (Λεοντάρης και Γκουρνέλλος, 1991). Δυτικά, στην περιοχή μεταξύ Ροβιών και Σηπιάς αποτυπώθηκε μία (1) θαλάσσια αναβαθμίδα με υψόμετρο εσωτερικού άκρου αναβαθμίδας 57μ (σχήματα 5.35 και 5.36), διαμορφωμένη στους Νεογενείς σχηματισμούς της περιοχής. Στις ανατολικές ακτές, στην περιοχή Σαρακήνικο (ανατολικά του Πηλίου) αναγνωρίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν τρεις (3) αναβαθμίδες με υψόμετρα εσωτερικού άκρου αναβαθμίδας 75 μ, 85 μ και 120 μ (σχήματα 5.35 και 5.37) διαμορφωμένες η πρώτη σε ασβεστολίθους και οι άλλες δύο σε παλαιούς κώνους κορημάτων και συνεκτικά πλευρικά κορήματα των ανατολικών κλιτύων του όρους Πυξαριά (γεγονός που καθιστά δύσκολη την ακριβή αποτύπωση του υψομέτρου του εσωτερικού άκρου). Η χαμηλότερη υψομετρικά αναβαθμίδα της περιοχής έχει χαρακτηριστική θαλάσσια εγκοπή διαμορφωμένη στον ασβεστολιθικό παλαιοκρημνό και στην επιφάνειά της εντοπίστηκαν ασβεστολιθικά τεμάχη από πτώση υλικών. Οι άλλες δύο αναβαθμίδες έχουν μικρότερες κλίσεις παλαιοκρημνού και η επιφάνειά τους χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό φυσικών αναβαθμίδων .



Σχήμα 5.35. Θαλάσσιες αναβαθμίδες που αναγνωρίστηκαν στην περιοχή μελέτης.

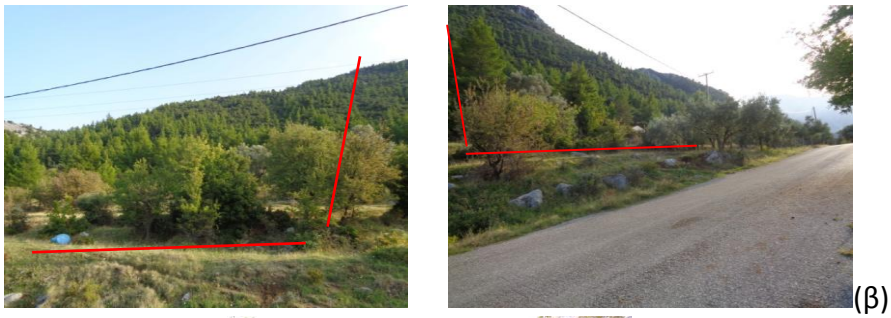


Σχήμα 5.36. Θαλάσσια αναβαθμίδα διαμορφωμένη σε Νεογενείς σχηματισμούς μεταξύ των περιοχών Ροβιές και Σηπιάς (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014, προσανατολισμός ΒΑ-Α).

Στην αριστερή φωτογραφία διακρίνεται η επιφάνεια της αναβαθμίδας, το μέτωπο του παλαιοκρημνού και η τομή τους, στη δεξιά φωτογραφία φαίνεται σε κοντική λήψη η επιφάνεια της αναβμίδας.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 5.37. Θαλάσσιες αναβαθμίδες διαμορφωμένες σε ασβεστόλιθους και σε συνεκτικά πλευρικά κορήματα, στην περιοχή Σαρακήνικο (ανατολικά του Πηλίου).

(α) η μικρότερη σε έκταση – υψόμετρο εσωτερικού άκρου 75μ (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 27/10/2020, προσανατολισμός αριστερής φωτογραφίας ΒΑ και της δεξιάς ΑΝΑ), (β) η μεγαλύτερη σε έκταση – υψόμετρο εσωτερικού άκρου 120 μ (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 27/10/2020, προσανατολισμός αριστερής φωτογραφίας ΒΑ και της δεξιάς ΝΑ) και (γ) η βορειότερη – υψόμετρο εωτερικού άκρου 85μ (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 27/10/2020, προσανατολισμός ΝΔ). Στις φωτογραφίες διακρίνονται η επιφάνεια της αναβαθμίδας, το μέτωπο του παλαιοκρημνού και η τομή τους.

5.3.4.4 Βυθισμένες και ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές

Τόσο το προφίλ όσο και η μορφολογία των ανυψωμένων παλιρροιακών εγκοπών της περιοχής μελέτης, οι θέσεις των οποίων παρουσιάζονται στο σχήμα 5.42, φανερώνουν ότι η τεκτονική ανύψωση που προκάλεσε τη μετατόπισή τους από τη μέση στάθμη της θάλασσας ήταν ταχεία και μάλλον συν-σεισμική και μαρτυρούν παλαιοσεισμικά γεγονότα μεγάλου μεγέθους (πιθανό μέγεθος M>7.0). Οι εγκοπές εμφανίζονται συμμετρικές ως προς το σημείο τομής των δύο πλευρών (οροφής και δαπέδου) και η μετατόπιση φαίνεται μεγαλύτερη από τη στάθμη της πλημμυρίδας αφού μοιάζουν προστατευμένες από τη μεσοπαλιρροιακή διάβρωση. Στις περισσότερες περιπτώσεις το εσωτερικό σημείο υποχώρησης της εγκοπής δεν είναι ένα ευδιάκριτο σημείο αλλά η υποχώρηση λαμβάνει χώρα κατά μήκος μιας ευρύτερης περιοχής του κρημνού οπότε η εγκοπή είναι σχήματος Ϛ. Σχεδόν σε όλες τις θέσεις παρατηρείται δημιουργία μιας νέας εγκοπής στη σημερινή μέση στάθμη θάλασσας, ως απόδειξη του ότι η ανύψωση έλαβε χώρα αρκετά παλιά. Ένα άλλο γεγονός που το επιβεβαιώνει είναι ότι σε κάποιες θέσεις η σημερινή εγκοπή εκβαθύνθηκε τόσο (δηλαδή το επίπεδο της θάλασσας έμεινε σταθερό για μεγάλο χρονικό διάστημα), που η οροφή της εγκοπής κατάρρευσε, το υλικό απομακρύνθηκε και η βάση της αποτελεί σήμερα ένα μικρού πλάτους παράκτιο πάγκο (Σχήμα 5.38, 5.39 καθώς και σχήματα 5.41 α και β). Επίσης, παρατηρήθηκε πως το ύψος της σημερινής εγκοπής είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο της ανυψωμένης. Η εν λόγω διαφορά μπορεί να συσχετιστεί με μια πολύ αργή ανύψωση της ξηράς ή πτώση της στάθμης θάλασσας που μεγαλώνουν το ύψος (την απόσταση δαπέδου από οροφή) της εγκοπής, ή ακόμα μπορεί να συνδεθεί με την υπόθεση πως μετά την ανύψωση της ανώτερης εγκοπής έλαβε χώρα άλλη μικρότερη ανυψωτική κίνηση η οποία όμως άφησε την πιθανόν δημιουργημένη εγκοπή εντός της μεσοπαλιρροιακής διάβρωσης, η οποία οδήγησε στην μορφολογική εξομάλυνση αυτού του «σκαλοπατιού», έτσι ώστε σήμερα να φαίνεται μια μεγάλου ύψους εγκοπή στο επίπεδο της σημερινής στάθμης θάλασσας. Κατά τις υπαίθριες γεωλογικές παρατηρήσεις εντοπίστηκαν οπές Lithophaga οι οποίες βρίσκονται σε συμφωνία με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των εγκοπών, δηλαδή το ανώτερο όριό τους βρίσκεται στη θέση που τέμνονται οι δύο πλευρές της κορυφής της εγκοπής; στις περισσότερες όμως θέσεις οι οπές αυτές ήταν κενές ή πληρωμένες μόνο με λεπτόκοκκο υλικό (Σχήμα 5.40).

Η ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή στις ανατολικές ακτές της περιοχής μελέτης έχει αναφερθεί από τους Stiros et al. (1992), Genre (1999) και Evelpidou et al. (2012), σαν σχεδόν συνεχής για μια απόσταση 70 χλμ από την Κύμη έως το βορειότερο ανατολικό άκρο του νησιού σε ύψος +0,70±0,10 μ από τη μέση στάθμη θάλασσας. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές η εμφάνιση της ανυψωμένης παλιρροιακής εγκοπής των δυτικών ακτών είναι συνεχής για μια απόσταση περίπου 20 χλμ περίπου, κατά μήκος του όρους Κανδηλίου στην παράκτια ζώνη μεταξύ των περιοχών Δάφνης – Κατούνια αλλά σε ύψος +1,10±0,20 μ από τη μέση στάθμη θάλασσας. Από την υπαίθρια έρευνα επιβεβαιώθηκαν τα ύψη των εγκοπών, όπως και η οριοθέτηση της ανυψωμένης ακτής τόσο στις δυτικές όσο και στις ανατολικές ακτές, αν και σε πολλές θέσεις η εγκοπή διακόπτεται από εκβολές ποταμών, αποθέσεις, κατολισθήσεις, διάβρωση, λόγω καταστροφής της από τη δράση του κυματισμού ή λόγω εμφάνισης στην ακτή γεωλογικού σχηματισμού που δεν ευνοεί τη δημιουργία εγκοπής. Σύμφωνα με τους Evelpidou et al. (2012) στις περιοχές Λουτρά Αιδηψού και Ήλια εντοπίζονται δύο επιπλέον εγκοπές σε μεγαλύτερα ύψη στα 3,3±0,0,10 και 1,7±0,10 μ αντίστοιχα οι οποίες συσχετίστηκαν με την ενεργοποίηση τμήματος της ρηξιγενούς ζώνης Τελέθριου. Κατά την επιτόπια έρευνα εντοπίστηκε η εγκοπή στο ύψος 1,7±0,10 μ όπως φαίνεται στην εικόνα του σχήματος 5.41α.

Επίσης, σύμφωνα με τους Stiros et al. (1992) σώζονται υπολείμματα μιας δεύτερης πιθανόν παλαιότερης εγκοπής μερικά εκατοστά υψηλότερα σε δύο τουλάχιστον θέσεις, ανατολικά της παραλίας Κύμης και στην περιοχή Δάφνη – Κατούνια, οι οποίες εντοπίστηκαν κατά την επιτόπια έρευνα (Σχήμα 5.41β). Νότια της τελευταίας θέσης αναφέρεται επιπλέον βυθισμένη εγκοπή σε βάθος -0,40±0,20 μ από τη ΜΣΘ, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί πως βύθιση έχει επισημανθεί και σε άλλες θέσεις μέσω βυθισμένων αρχαίων κατασκευών, χωρίς όμως να έχει προσδιοριστεί η φυσική αιτία και το χρονικό της βύθισης αυτής.

Η ανυψωμένη ανατολική ακτογραμμή αλλά και οι >1000 μ βάθους κρημνοί της βορειοανατολικής ακτής μπορούν να συνδεθούν με σεισμικά γεγονότα μεγέθους μεγαλύτερου από 7.0 τα οποία είναι γνωστό ότι έχουν επίκεντρο στον θαλάσσιο χώρο μέσα και γύρω από την τάφρο του βορείου Αιγαίου, περιοχή η οποία δεν απέχει μεγάλη απόσταση από την περιοχή μελέτης. Το γεγονός ότι ανυψωμένες ακτές παρατηρούνται επίσης κατά μήκος της ακτής της Θεσσαλίας προς το Αιγαίο, απέναντι από την οποία καταλήγει η τάφρος του βορείου Αιγαίου, φαίνεται να υποστηρίζει την τελευταία υπόθεση σύμφωνα με τους Stiros et al.

(1992). Αναφορικά με τη χρονολόγηση της ανύψωσης, φαίνεται πως αυτή σχετίζεται με κάποιο γεγονός π.Χ. Οι ραδιοχρονολογήσεις των θαλάσσιων εγκοπών της ευρύτερης περιοχής σε συνδυασμό με τα στοιχεία των σεισμών, οδήγησαν στη διαπίστωση ότι η συν-σεισμική ανύψωση μπορεί να προέκυψε από το σεισμό του 426 π.Χ (ή καλύτερα από τους σεισμούς του Βόρειου Ευβοϊκού οι οποίοι μάλιστα είναι από τα σεισμικά γεγονότα της κλασικής αρχαιότητας που έχουν καλύτερα περιγραφεί (Παυλίδης, 2003) και φαίνεται να έχουν επηρεάσει την ευρύτερη περιοχή με έντονες μετατοπίσεις). Επίσης, μπορεί να συνδέεται με κάποιο σεισμικό γεγονός που οφείλεται στα ρήγματα που υπάρχουν στον υποθαλάσσιο χώρο βόρεια της Εύβοιας.

Στο χάρτη του σχήματος 5.42 παρουσιάζονται οι μεμονωμένες θέσεις εμφάνισης ανυψωμένων παλιρροιακών εγκοπών καθώς και οι περιοχές όπου εντοπίζεται και η 2^{η} εγκοπή σε μεγαλύτερο ύψος όπως αποτυπώθηκαν από το συνδυασμό των σχετικών μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή και της έρευνας πεδίου. Επίσης, στο χάρτη απεικονίζονται οι θέσεις βυθισμένων εγκοπών όπως έχουν προκύψει από βιβλιογραφικές πηγές.



Σχήμα 5.38. Αριστερά πάγκος διαμορφωμένος επί των ασβεστόλιθων ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού βόρεια της περιοχής Δάφνη και δεξιά ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή και πάγκος νότια της περιοχής Κατούνια (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014, προσανατολισμός Β-ΒΑ).



Σχήμα 5.39. Αριστερά δημιουργία εγκοπής στη σημερινή στάθμη θάλασσας και δεξιά κατάρρευση οροφής της εγκοπής που σχηματιζόταν στη σημερινή στάθμη θάλασσας και δημιουργία πάγκου στην περιοχή Χιλή βόρεια της Κύμης (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 17/07/2011, προσανατολισμός ΒΑ).



Σχήμα 5.40. Αριστερά οπές Lithophaga σε εγκοπή και δεξιά λεπτομέρεια από δειγματοληψία με μικρό τμήμα κελύφους (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014 και 04/09/2011 προσανατολισμός αριστερής φωτογραφία ΒΑ).

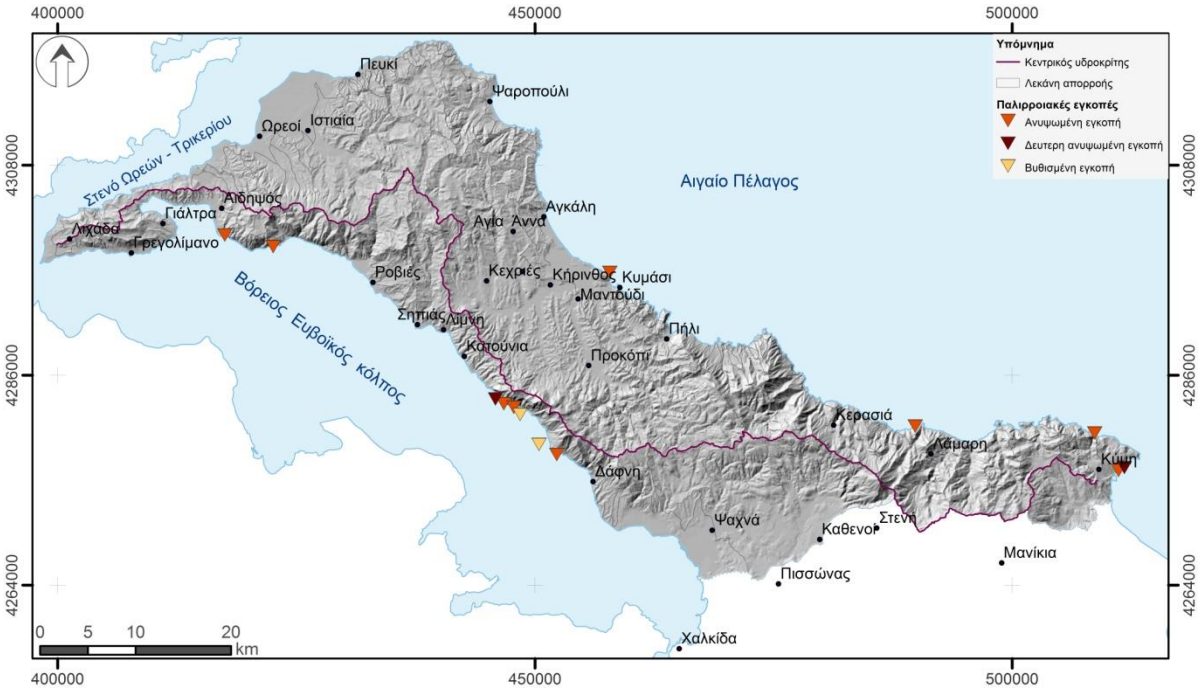


(α)



(β)

Σχήμα 5.41. Ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή (α) στα Ήλια και (β) βόρεια της Δάφνης (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 11/09/2014 προσανατολισμός ΒΑ και ΝΑ αντίστοιχα).



Σχήμα 5.42. Χάρτης θέσεων ανυψωμένων και βυθισμένων παλιρροιακών εγκοπών (Stiros et al., 1992; Evelpidou et al., 2012 και υπαίθριες παρατηρήσεις).

5.3.4.5 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί

Παράκτιοι και βυθισμένοι ακτόλιθοι έχουν χαρτογραφηθεί στην περιοχή Ψαχνά καθώς και βόρεια του φάρου της Λίμνης. Επιπλέον, χαρακτηριστικών στρώσεων παράκτιοι ακτόλιθοι εντοπίζονται στον κόλπο Κυμάσι και σε έναν μικρό όρμο στη ΒΔ άκρη αυτού (σχήμα 5.43, φωτογραφίες (θ) και (κ) στο σχήμα 5.45).

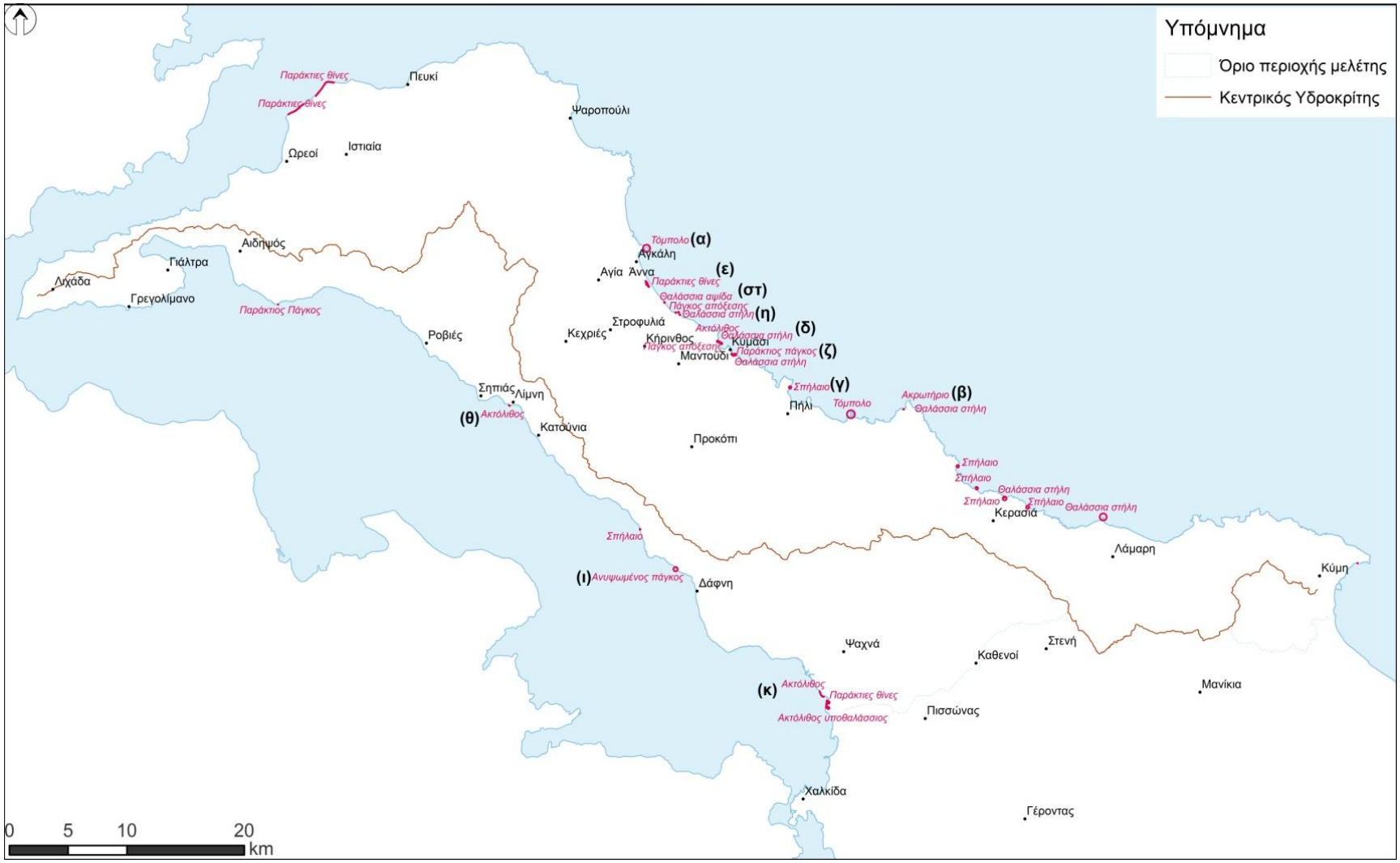
5.3.4.6 Παράκτιες θίνες

Αμμώδεις παράκτιες θίνες έχουν αποτυπωθεί στα δελταϊκά ριπίδια του Ξηροπόταμου και του Μεσσάπιου (παράγραφος 5.3.4.2) καθώς και στην Αγία Άννα σε απόσταση 200 μ πίσω από τη μεγάλου μήκους αμμώδη παραλία (σχήμα 5.43 και φωτογραφία (3) στο σχήμα 5.45).

5.3.4.7 Άλλες παράκτιες γεωμορφές

Στην περιοχή απαντώνται και άλλες παράκτιες μορφές που παρουσιάζονται στο σύνολό τους στο σχήμα 5.43 ενώ χαρακτηριστικές εικόνες Google Earth και φωτογραφίες αυτών παρουσιάζονται στα σχήματα 5.44 και 5.45. Πρόκειται για μορφές τόμπολο που εντοπίζονται

στις θέσεις ΝΑ του Πηλίου και βόρεια της Αγκάλης. Επιπλέον είναι παράκτιοι πάγκοι και πάγκοι απόξεσης παρατηρούνται νότια της Αιδηψού, στο Κυμάσι σε αρκετές θέσεις, στον όρμο νότια της περιοχής Κυμάσι και στην Κρύα βρύση. Παράκτιες υπολειμματικές γεωμορφές διάβρωσης όπως θαλάσσιες αψίδες και σπήλαια, καθώς και θαλάσσιες στήλες ή υπολείμματα αυτών εντοπίζονται σε πολλές θέσεις στους ασβεστολιθικούς κρημνούς των ανατολικών ακτών όπου ο κυματισμός είναι ιδιαίτερα έντονος.



Σχήμα 5.43. Χάρτης θέσεων (και θέσεων φωτογραφιών) παράκτιων γεωμορφών της περιοχής μελέτης.

Σημειώνονται οι θέσεις των χαρακτηριστικών φωτογραφιών που φαίνονται στα σχήματα 5.44 και 5.45, ήτοι (α) Τόμπολο, (β) Θαλάσσια στήλη, (γ) Σπήλαιο στην περιοχή Βύθουρι, (δ) Πάγκος απόξεσης και θαλάσσια στήλη στο Κυμάσι, (ε) Παράκτιες θίνες στην Αγ. Άννα, (στ) Θαλάσσια αψίδα στην Κρύα Βρύση (εκβολές Βούδωρου), (ζ) Παράκτιος πάγκος οφιολίθων με φλέβες λευκόλιθου στο Κυμάσι, (η) θαλάσσια στήλη στην Κρύα βρύση (εκβολές Βούδωρου), (θ) Ακτόλιθος στη Λίμνη, (ι) Ανυψωμένος πάγκος βόρεια της Δάφνης, (κ) Ακτόλιθος νότια των Ψαχνών.

Σχήμα 5.44. Χαρακτηριστικές εικόνες και φωτογραφίες παράκτιων γεωμορφών της περιοχής μελέτης (α-ε) (οι θέσεις φαίνονται στο σχήμα 5.43).

(α) Τόμπολο (εικόνα Google Earth), (β) Ακρωτήριο και θαλάσσια στήλη, (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 27/10/2020, προσανατολισμός φωτογραφίας Α-ΝΑ), (γ) Σπήλαιο στους παράκτιους ασβεστολιθικούς κρημνούς του ακρωτηρίου βόρεια του όρμου Πήλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 27/10/2014, προσανατολισμός φωτογραφίας Β-ΒΔ), (δ) Πάγκος απόξεσης και θαλάσσια στήλη στο Κυμάσι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 02/02/201, προσανατολισμός ΒΑ), (ε) Παράκτιες θίνες στην Αγ. Άννα (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 11/09/2014, προσανατολισμός φωτογραφίας ΝΔ).

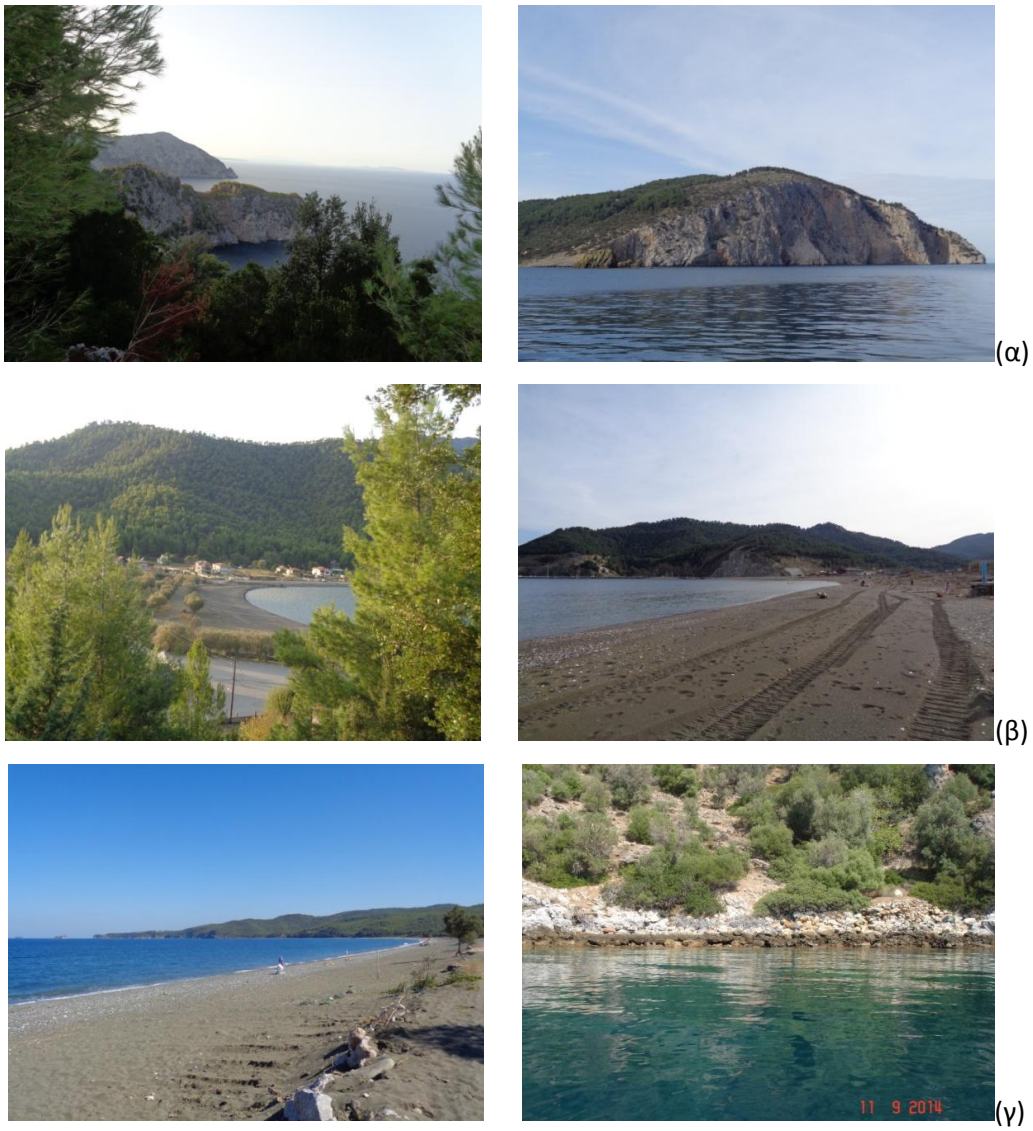
Σχήμα 5.45. Χαρακτηριστικές εικόνες και φωτογραφίες παράκτιων γεωμορφών της περιοχής μελέτης (στ-λ) (οι θέσεις φαίνονται στο σχήμα 5.43). (στ) Θαλάσσια αψίδα στην Κρύα Βρύση (εκβολές Βούδωρου) (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 25/10/2020, προσανατολισμός ΒΔ), (ζ) Παράκτιος πάγκος ανεπτυγμένος σε οφιολίθους με φλέβες λευκόλιθου στο Κυμάσι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 02/02/2019, προσανατολισμός ΒΔ), (η) Θαλάσσια στήλη στην Κρύα βρύση (εκβολές Βούδωρου) (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 02/02/2019, προσανατολισμός ΒΑ), (θ) Ακτόλιθος στη Λίμνη (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 25/10/2020, προσανατολισμός Δ-ΒΔ), (ι) Ανυψωμένος πάγκος βόρεια της Δάφνης (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 11/09/2014, προσανατολισμός ΒΒΑ), (κ) Ακτόλιθος στα Ψαχνά (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 17/02/2019, προσανατολισμός ΝΔ).

5.3.5 Ταξινόμηση των ακτών της βόρειας Εύβοιας

Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται μικροί όρμοι σε εναλλαγές με απόκρημνες ακτές μεγάλων κλίσεων (Σχήμα 5.46). Ειδικότερα στις ανατολικές ακτές ευνοείται η διάβρωση λόγω της δράσης έντονου κυματισμού, ενώ στις δυτικές και βόρειες ακτές του Ευβοϊκού κόλπου επικρατεί η απόθεση- αν και η τεκτονική δημιουργεί και σε αυτές μεγάλης κλίσης κρημνούς στο Κανδήλι και στο Τελέθριο όρος. Κάποιες ακτές της περιοχής μελέτης ανήκουν στον τύπο των ρηξιγενών, ενώ απαντώνται επίσης ήπιας κλίσης ακτές με ίζημα. Ακτές που είναι σταθερές, προελαύνουν ή υποχωρούν, έχουν χαρτογραφηθεί κατά μήκος των μετώπων των δελταϊκών ριπιδίων (παράγραφος 5.3.4.2). Από την ταξινόμηση ακτών βάσει λιθολογίας (Σχήμα 5.47) προκύπτει πως το μεγαλύτερο μέρος της παράκτιας ζώνης αποτελείται από ασβεστόλιθους, ενώ στις θέσεις ήπιων κλίσεων (εκβολές κτλ.) απαντώνται Τεταρτογενείς αποθέσεις. Αναλυτικά, οι ασβεστόλιθοι καταλαμβάνουν το 33% της παράκτιας ζώνης της περιοχής μελέτης, ακολουθούν οι αλλουβιακές αποθέσεις (16%), οι σχηματισμοί μαργών και ψαμμιτών (22%) και τέλος οι οφιόλιθοι (9%), οι γνεύσιοι (7%), οι κώνοι κορημάτων (4%) (το υπόλοιπο 9% μοιράζεται στους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης με μικρά ποσοστά συμμετοχής). Η παρουσία των ανθρακικών σχηματισμών σε συνδυασμό με την κυματική δράση στις ανατολικές ακτές οδηγεί στην έντονη διάβρωση που διαμορφώνει πολυάριθμες υπολειμματικές μορφές διάβρωσης (παράγραφος 5.3.4.5) αλλά και αιγιαλών στο μυχό των κόλπων (pocket beaches), αποτελούμενων από αδρομερή υλικά. Αντίθετα στις περιοχές όπου απαντώνται Νεογενείς και Πλειστοκαινικές αποθέσεις εντοπίζονται αμμώδεις ή φραγματικοί αιγιαλοί και αρκετές παράκτιες γεωμορφές απόθεσης.

Γενικά, οι κλίσεις στην παράκτια ζώνη είναι μεγάλες ως αποτέλεσμα τόσο της τεκτονικής δράσης όσο και της λιθολογίας των γεωλογικών σχηματισμών που καταλήγουν στην ακτογραμμή, αφού συμβαίνει οι θέσεις των κύριων ρηξιγενών ζωνών να αντιστοιχούν σε περιοχές όπου επικρατούν ανθεκτικοί στη διάβρωση γεωλογικοί σχηματισμοί. Οι κλίσεις είναι μικρές στις ακτές αλλουβιακών και δελταϊκών ριπιδίων, σε κόλπους και γενικά σε περιοχές όπου απαντώνται Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις. Συνοπτικά, οι μεγαλύτερες κλίσεις παρατηρούνται στις τρείς κύριες ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής ήτοι ζώνη Δίρφυος, Κανδηλίου, Τελέθριου και οι μικρότερες στις εκβολές των τριών μεγάλων υδρογραφικών δικτύων, του Βούδωρου, του Ξηροπόταμου και του Μεσσάπιου. Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε σε

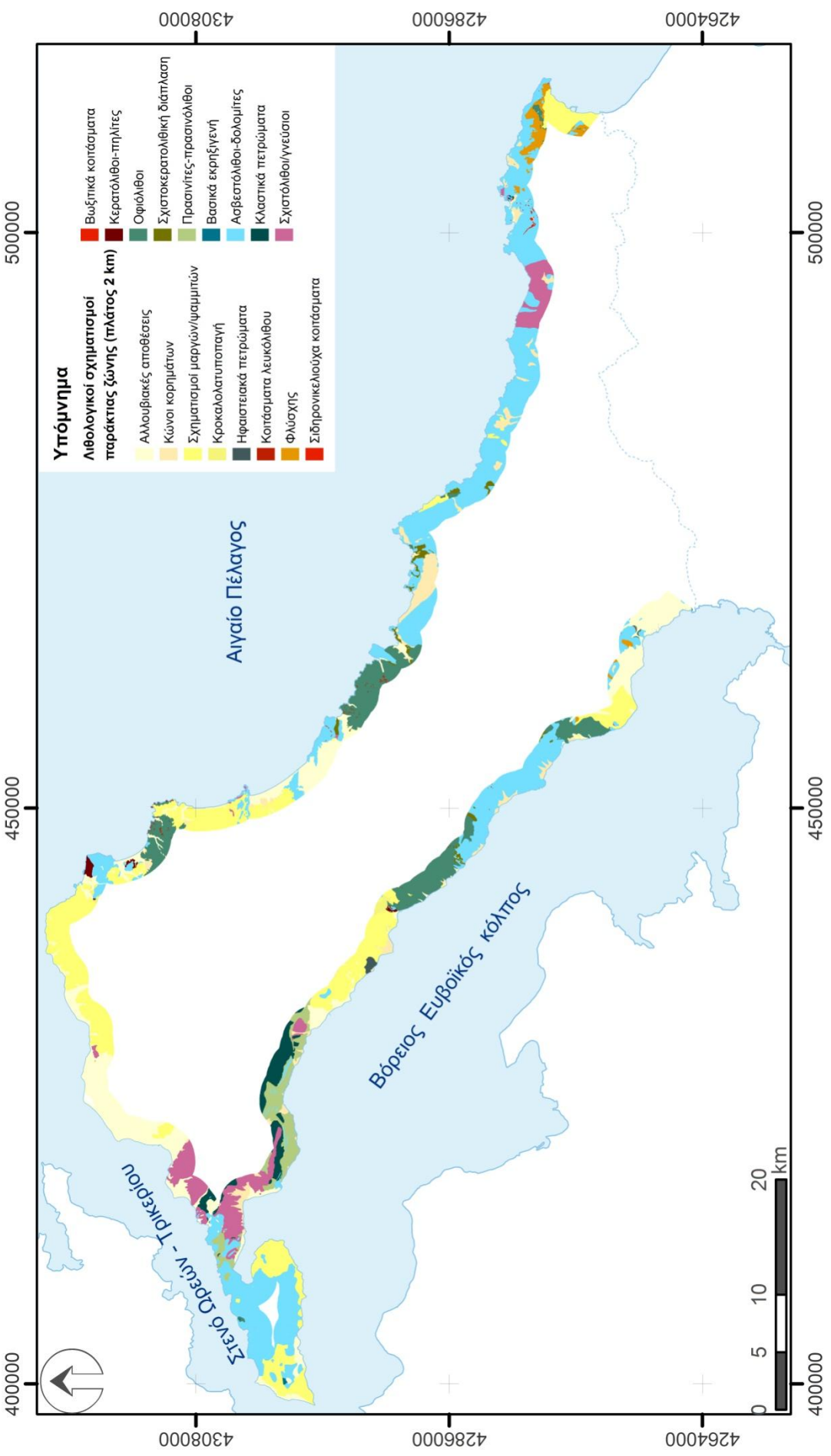
ζώνη πλάτους 2 χλμ εσωτερικά της ακτογραμμής (Σχήμα 5.48) προκύπτει πως το 9% της ζώνης αντιστοιχεί σε ομαλές κλίσεις μικρότερες των 6,2°, το 12,6% αντιστοιχεί σε μέσες κλίσεις 6,3-14,8°, το 13,7% σε κλίσεις 14,9-24,3°, το 15,3% σε μεγάλες κλίσεις 24,4-34,8° και το υπόλοιπο 49,4% αντιστοιχεί σε πολύ υψηλές κλίσεις 34,9-68,8°. Η αποτύπωση αυτών οδήγησε στον χάρτη του σχήματος 5.49 στον οποίο φαίνεται η ταξινόμηση της ακτής της περιοχής μελέτης σε μικρής κλίσης, μέσης κλίσης, μέσης κλίσης με ίζημα και σε απότομο κρημνό με κλίση >30°.



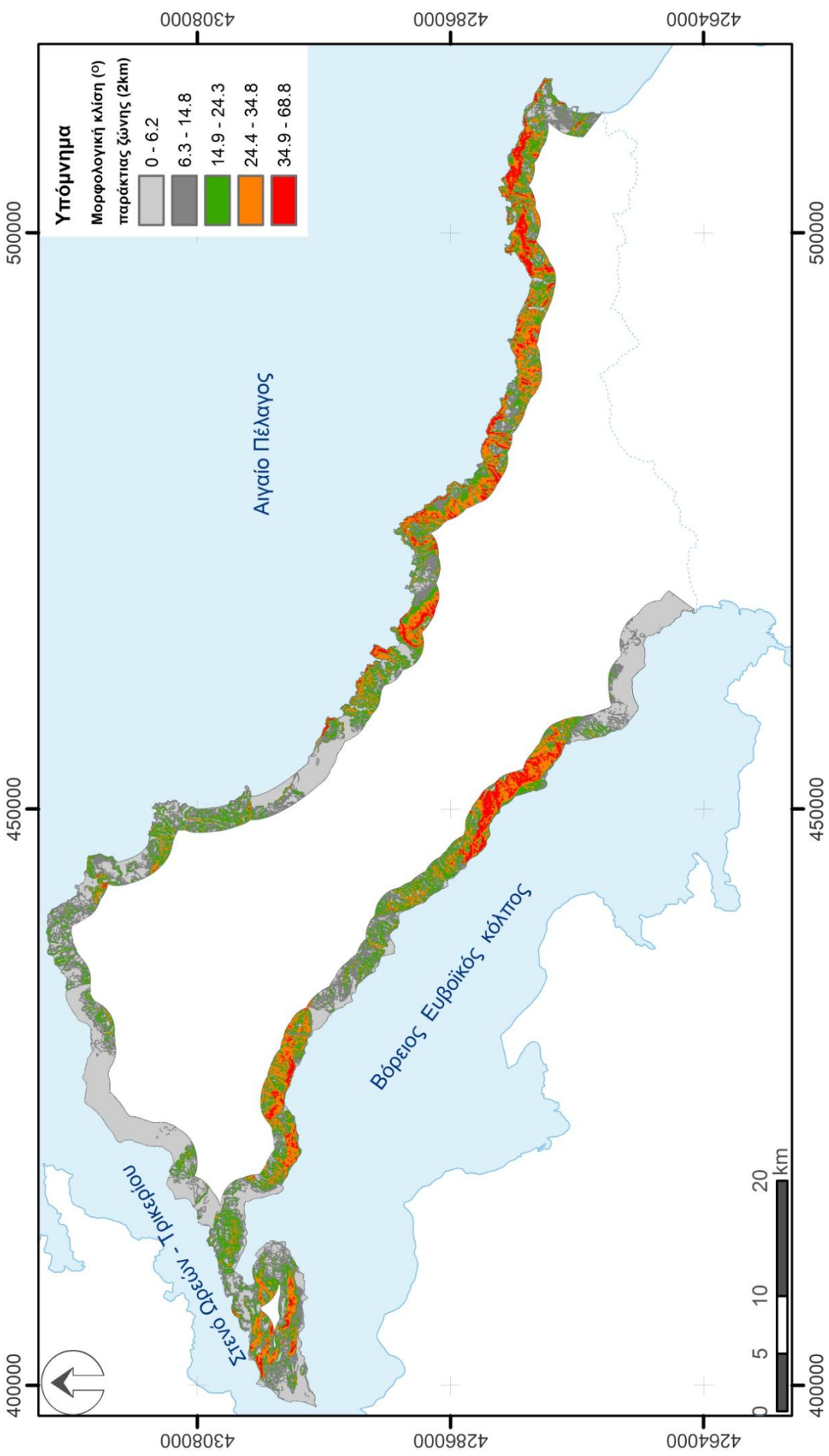
(α) (β) (γ)

Σχήμα 5.46. (α) Παράκτιοι κρημνοί με κλίση >30° στις περιοχές Βλαχιά (αριστερά) και Κυμάσι (δεξιά), (β) Ακτές με μικρή κλίση στις περιοχές Πήλι (αριστερά) και Κυμάσι (δεξιά) και (γ) Ακτή με μικρή κλίση και στη συνέχεια με μέση κλίση με ίζημα και χωρίς στην περιοχή Ψαροπούλι (αριστερά) και ακτή μέσης κλίσης στην περιοχή ΝΑ της περιοχής Αιδηψός (δεξιά).

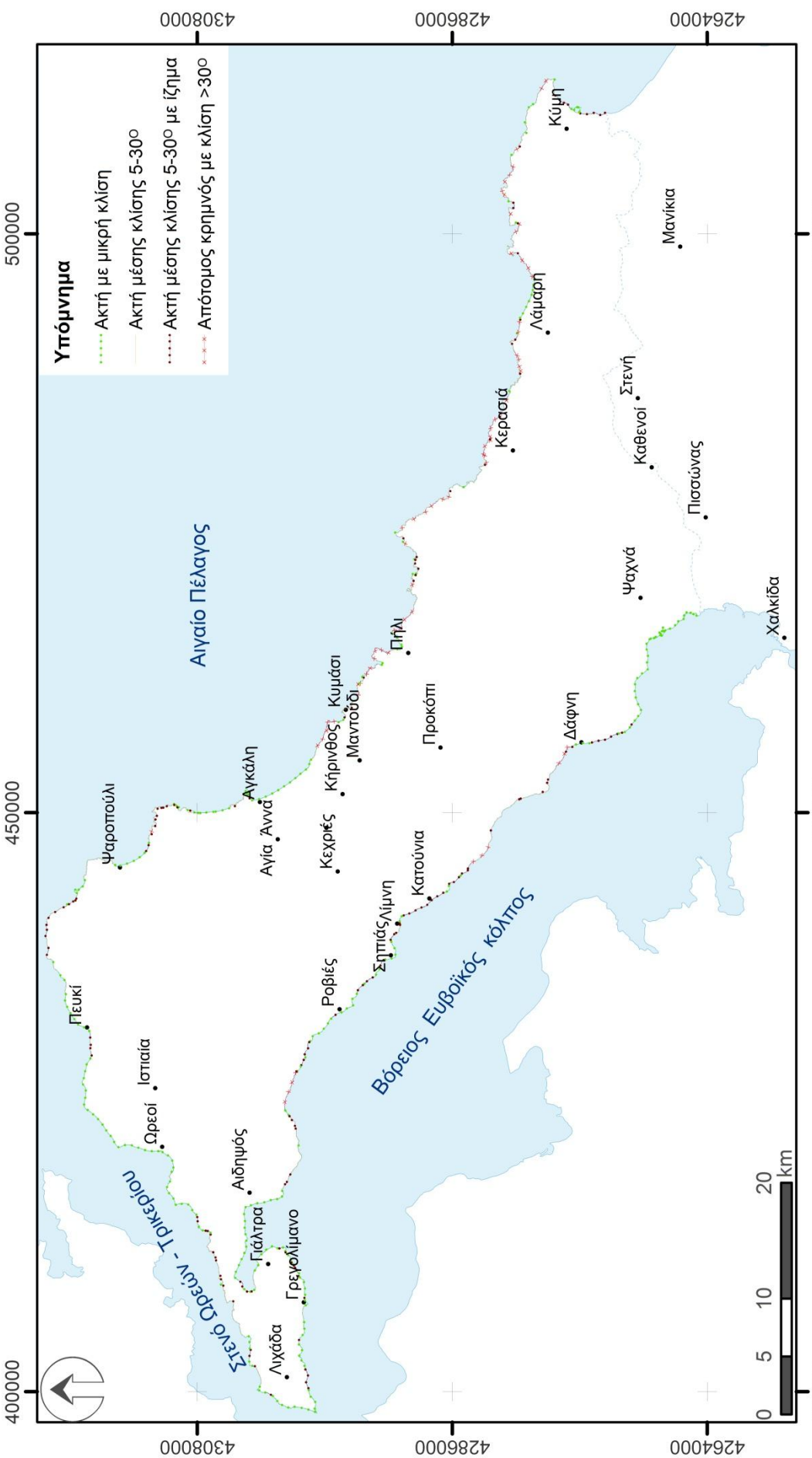
(α) ημερομηνίες λήψης φωτογραφιών 27/10/2020 και 2/2/2019 με προσανατολισμό ΒΔ και ΒΒΔ αντίστοιχα, (β) ημερομηνίες λήψης φωτογραφιών 27/10/2020 και 2/2/2019 και με προσανατολισμό ΒΔ και ΝΑ αντίστοιχα και (γ) ημερομηνίες λήψης φωτογραφιών 29/08/2020 και 11/09/2014 με προσανατολισμό ΝΑ και ΒΑ αντίστοιχα



Σχήμα 5.47. Χάρτης παράκτιων λιθολογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 5.48. Χάρτης μορφολογικών κλίσεων στην παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 5.49. Ταξινόμηση παράκτιας ζώνης περιοχής μελέτης.

5.3.6 Περιγραφή τριγωνικών πρανών

Η νεότητα του αναγλύφου της περιοχής μελέτης συνδέεται με τη δραστηριότητα των ρηξιγενών ζωνών. Συχνά, κατά μήκος των ζωνών αυτών δημιουργούνται τραπεζοειδή και τριγωνικά πρανή, ενώ στη βάση των κλιτύων εντοπίζονται πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων ή αποθέσεις ριπιδίων (Σχήμα 5.50). Δεδομένου ότι τα τριγωνικής μορφής πρανή στην περιοχή μελέτης σχετίζονται με τις μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες που είναι υποθαλάσσιες ή παράκτιες (έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια τεκτονικής ανύψωσης σε συνδυασμό με έντονη διάβρωση), η αναφορά στα τριγωνικά πρανή γίνεται στις παράκτιες γεωμορφές.

Συνολικά χαρτογραφήθηκαν 38 τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή (Σχήμα 5.51), με μέση κλίση που για τη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου κυμαίνεται μεταξύ 29,6 και 30,5^{o} στο νότιο τμήμα της, για τη ζώνη Κανδηλίου μεταξύ 19,6 και 34,6^{o} στο νότιο τμήμα της και για τη ζώνη Δίρφυος μεταξύ 29,2 και 37,7^{o} στο νότιο τμήμα της. Το μήκος των επιφανειών στη βάση τους ποικίλει από 123μ στα τριγωνικά πρανή της ζώνης Κανδηλίου μέχρι 1430 μ στα τραπεζοειδή πρανή της ζώνης Δίρφυος. Το ύψος τους κυμαίνεται από 60 μ στην περιοχή της Αιδηψού έως 1100 μ στο απότομο μέτωπο της ζώνης Κανδηλίου.

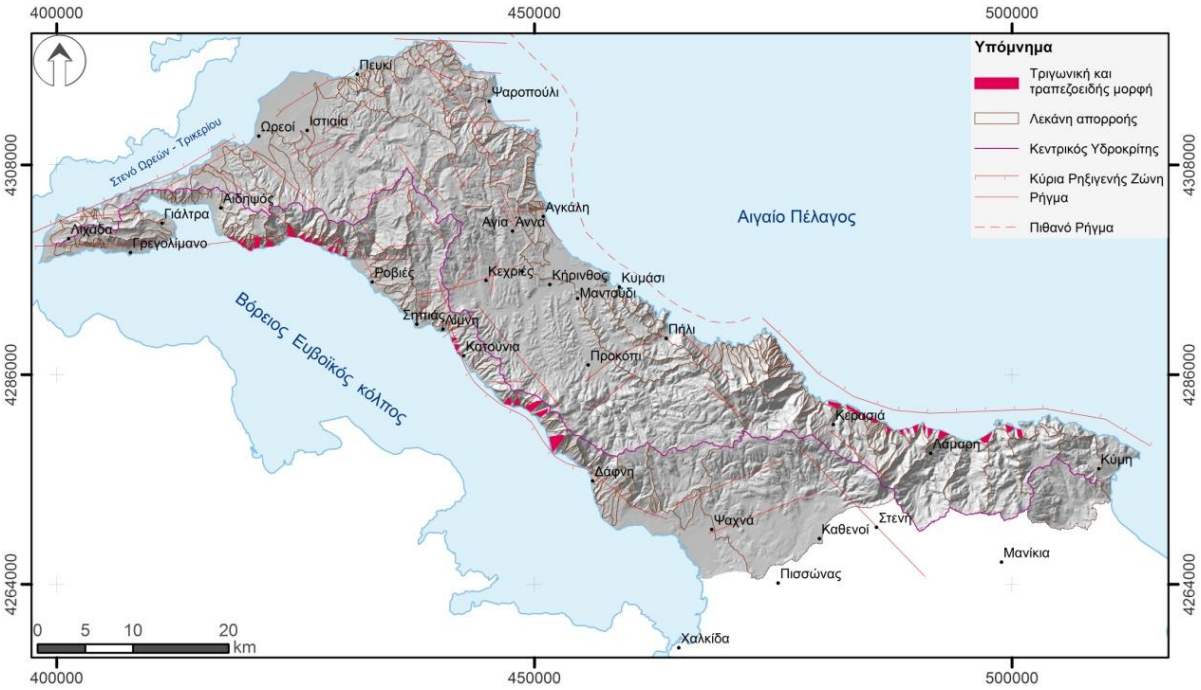
Συγκεκριμένα, ο μεγαλύτερος αριθμός καλά διαμορφωμένων τριγωνικών πρανών που συνηγορούν υπέρ της τεκτονικής ανύψωσης των μετώπων εντοπίζεται στις περιοχές των ζωνών Γρεγολίμανου - Τελέθριου (Σχήμα 5.52) και Κανδηλίου (Σχήμα 5.53). Στη ζώνη Δίρφυος όμως η χαρτογράφηση των μετώπων είναι δύσκολη λόγω φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, γεγονός που φανερώνει πως η περιοχή έχει εκτεθεί σε αποσάθρωση, δηλαδή έχουν εκτεθεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε εξωγενείς διεργασίες (Σχήμα 5.54).

Οι μεγαλύτερες μορφολογικές κλίσεις των επιφανειών παρατηρούνται στα μέτωπα που βρίσκονται πλησιέστερα στις ρηξιγενείς ζώνες, τόσο στην περιοχή Τελέθριου και Κανδηλίου, όσο και στους απότομους παράκτιους κρημνούς της ζώνης Δίρφυος. Σύμφωνα με τον Bahrami (2012), εκτός από το ύψος των τριγωνικών πρανών το οποίο σχετίζεται με το ρυθμό ολίσθησης λόγω δραστηριοποίησης του ρήγματος που τα έχει δημιουργήσει, σημαντική είναι η γενική μορφολογική τους εικόνα. Μεγάλου ύψους, απότομα και λιγότερο εσωτερικά κατατμημένα μέτωπα εντοπίζονται σε ενεργές τεκτονικά περιοχές. Στην περιοχή μελέτης η συνθήκη αυτή απαντάνται στις τρεις κύριες ρηξιγενείς ζώνες και απουσιάζει από την υπόλοιπη περιοχή.

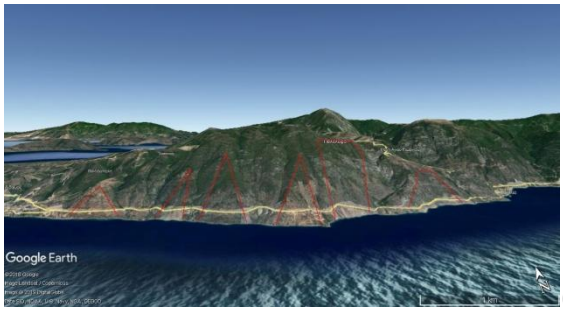


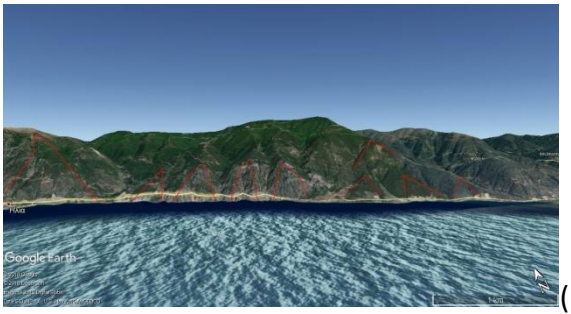
Σχήμα 5.50. Φωτογραφία χαρακτηριστικών τριγωνικών και τραπεζοειδών πρανών σε μέτωπο νότια της Λίμνης που αντιστοιχεί στο βόρειο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου.

Προσανατολισμός ΝΑ, ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 02/02/19.



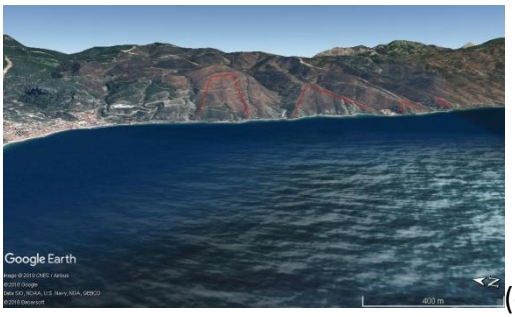
Σχήμα 5.51. Χάρτης με τις περιοχές εμφάνισης των τριγωνικών και τραπεζοειδών πρανών της περιοχής μελέτης.

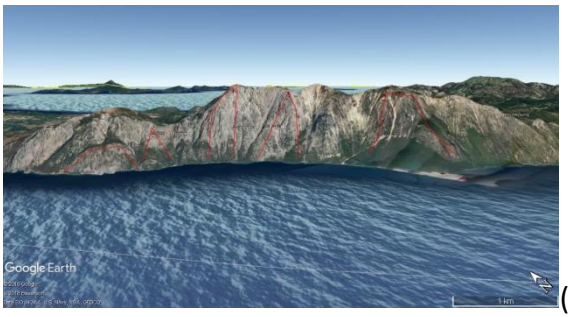


(α)


(β)

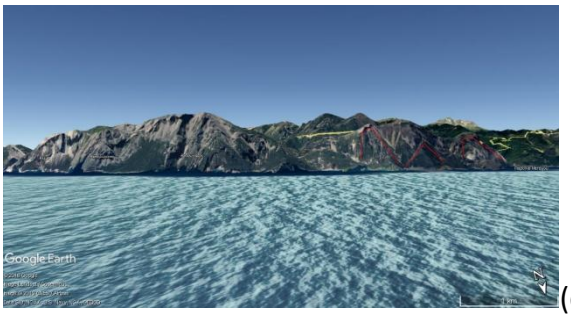
Σχήμα 5.52. Τρισδιάστατες όψεις προσανατολισμού ΒΑ της περιοχής του όρους Τελέθριο με ανύψωση εδάφους ίση με 1,5 για οπτικοποίηση των διακυμάνσεων αναγλύφου. Οι κόκκινου χρώματος γραμμές σημειώνουν τα τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή του ορεογραφικού μετώπου μεταξύ των κοιλάδων σχήματος «V» που τα «διακόπτουν». (α) Περιοχή Αιδηψός και (β) Περιοχή Ήλια.

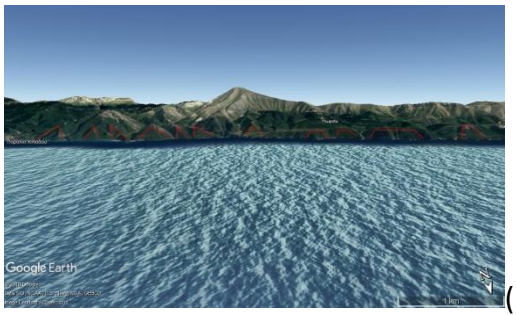


(α)


(β)

Σχήμα 5.53. Τρισδιάστατες όψεις προσανατολισμού ΒΑ κατά μήκος του όρους Κανδήλι με ανύψωση εδάφους ίση με 1,5 για οπτικοποίηση των διακυμάνσεων αναγλύφου. Οι κόκκινου χρώματος γραμμές σημειώνουν τα τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή του ορεογραφικού μετώπου μεταξύ των κοιλάδων σχήματος «V» που τα «διακόπτουν». (α) Βόρειο τμήμα ζώνης, περιοχή νότια της Λίμνης και (β) Νότιο τμήμα ζώνης, περιοχή βόρεια της Δάφνης.



(α)


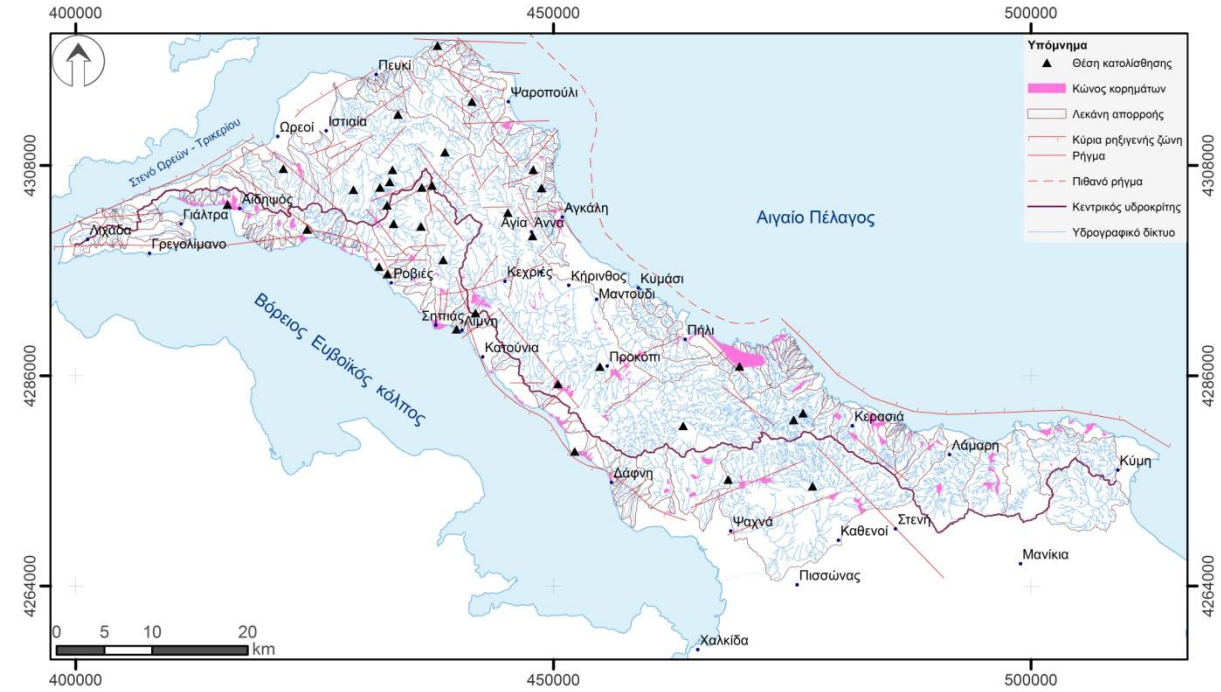
(β)

Σχήμα 5.54. Τρισδιάστατες όψεις προσανατολισμού ΝΔ στη ρηξιγενή ζώνη Δίρφυος με ανύψωση εδάφους ίση με 1,5 για οπτικοποίηση των διακυμάνσεων αναγλύφου. Οι κόκκινου χρώματος γραμμές σημειώνουν τα τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή του ορεογραφικού μετώπου μεταξύ των λεκανών σχήματος «V» που τα «διακόπτουν». (α) Περιοχή βόρεια της Κύμης και (β) Περιοχή παραλίας Χιλιαδού.

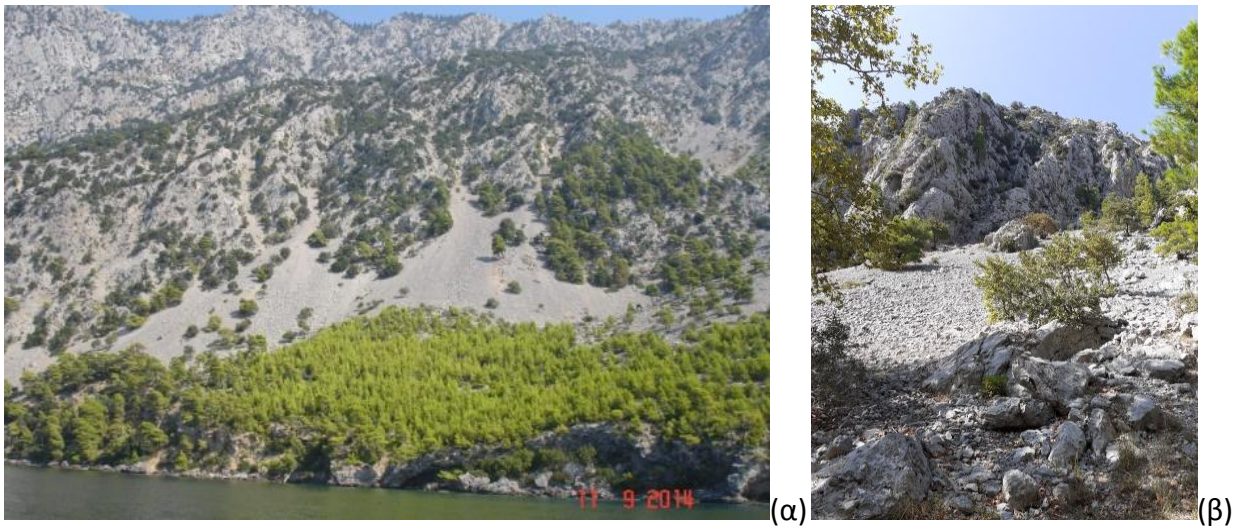
5.3.7 Εμφανίσεις κορημάτων

Στην περιοχή μελέτης απαντώνται πολλές θέσεις συγκέντρωσης κορημάτων (σχήμα 5.55). Έχουν εντοπιστεί παλαιοί και νέοι κώνοι, πλευρικά κορήματα καθώς και περιοχές που καταλαμβάνονται από υλικά κατολισθήσεων. Στη δυτική πλευρά του νησιού και συγκεκριμένα στις θέσεις των ρηγμάτων Τελέθριου και Κανδηλίου είναι χαρακτηριστική η συγκέντρωση δεκάδων μέτρων ύψους κορημάτων στους εντυπωσιακούς κρημνούς που έχουν δημιουργήσει τα κανονικά αυτά ρήγματα. Διαπιστώθηκε η συσχέτιση των θέσεων συγκέντρωσης κορημάτων με το τεκτονικό καθεστώς του νησιού. Χαρακτηριστική είναι επίσης η συγκέντρωση κορημάτων στο υδρογραφικό δίκτυο του Νηλέα στη θέση όπου διέρχεται η ρηξιγενής ζώνη Προκόπι-Πήλι.

Κατά την υπαίθρια έρευνα εντοπίστηκαν πλευρικά κορήματα κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου (Σχήμα 5.56α), καθώς και στις δυτικές κλιτύες του όρους Δίρφυς (Σχήμα 5.56β). Επίσης, εντοπίστηκαν νότια της περιοχής Πήλι όπου μπορούν να συνδεθούν με τη ρηξιγενή ζώνη Προκοπίου-Πηλίου (Σχήμα 5.57). Αντίθετα στις ανατολικές κλιτύες του νότιου τμήματος της οροσειράς η μεγάλη μορφολογική ασυνέχεια δεν επιτρέπει τη συγκέντρωση κορημάτων (Σχήμα 5.58). Στην περιοχή μελέτης, όπου οι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι κατάλληλοι προκύπτουν εκτεταμένες κατολισθήσεις (Αντωνίου κ.ά., 2004). Η ύπαρξη ευδιάβρωτων σχηματισμών (χαλαρές Τεταρτογενείς αποθέσεις, φλύσχης κτλ.) σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο και τη διάβρωση από τη δράση των ρεμάτων ενισχύει τις κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που η περιοχή μελέτης ανήκει σύμφωνα με τους Rozos et al. (2013), στις περιοχές της Ελλάδας με την υψηλότερη επιδεκτικότητα στις κατολισθήσεις (Σχήμα 5.55).



Σχήμα 5.55. Εμφανίσεις κορημάτων (υπαίθρια χαρτογραφηση και γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ) και κατολιθήσεις (Rozos et al., 2013) περιοχής μελέτης.



(α) (β)

Σχήμα 5.56. Πλευρικά κορήματα (α) κατά μήκος του όρους Κανδήλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 11/09/2014, προσανατολισμός Α-ΝΑ) και (β) στις δυτικές κλιτύες της Δίρφυς (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 05/10/2020, προσανατολισμός Α-ΒΑ).

 (α)
 (β)

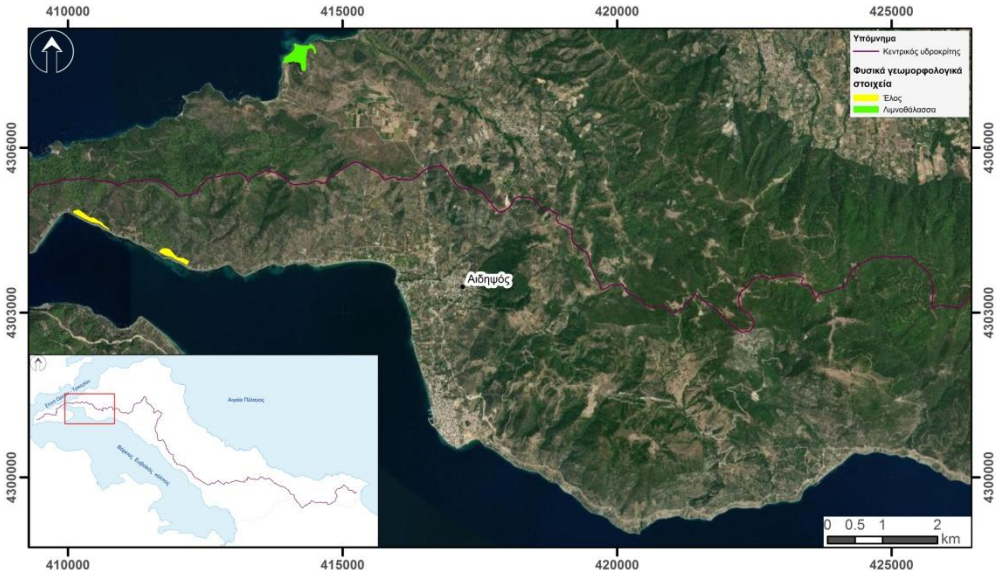
Σχήμα 5.57. Πλευρικά κορήματα (α) Νότια της περιοχής Πήλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφιών 27/10/2020, προσανατολισμός ΒΑ και (β) στην περιοχή Σαρακήνικο, στα ΝΔ της περιοχής Πήλι (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 27/10/2020, προσανατολισμός Ν-ΝΔ).

 (α)

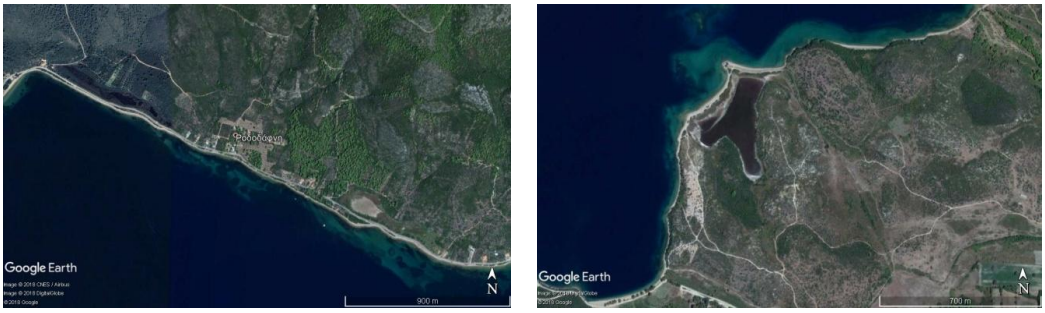
Σχήμα 5.58. Παράκτιος κρημνός σε ασβεστολίθους βόρεια της περιοχής Κύμη (ημερομηνία λήψης φωτογραφίας 17/07/2013, προσανατολισμός ΝΑ).

5.3.8 Αποτύπωση ελών και λιμνοθαλασσών

Τα έλη και η λιμνοθάλασσα που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης φαίνονται σχήμα 5.59. Πρόκειται για το έλος Φλέβα και το έλος Αγίου Ταξιάρχη στην περιοχή δυτικά της Αιδηψού. Είναι δύο διαπαλιρροϊκά παράκτια έλη που κρατούν νερό (λιγότερο) και τους καλοκαιρινούς μήνες (Σχήμα 5.60 αριστερά). Στην περιοχή ΝΔ του Αγιόκαμπου (Σχήμα 5.59) εντοπίζεται ο υγρότοπος Αλμυρή, μία αβαθής λιμνοθάλασσα που επικοινωνεί με την θάλασσα μέσω κυμάτων, χωρίς στόμιο (Σχήμα 5.60 δεξιά).



Σχήμα 5.59. Χάρτης με τις θέσεις των ελών και του υγροτόπου Αλμυρή της περιοχής μελέτης (υπόβαθρο χάρτη δορυφορική εικόνα Word Imagery του ArcMap).



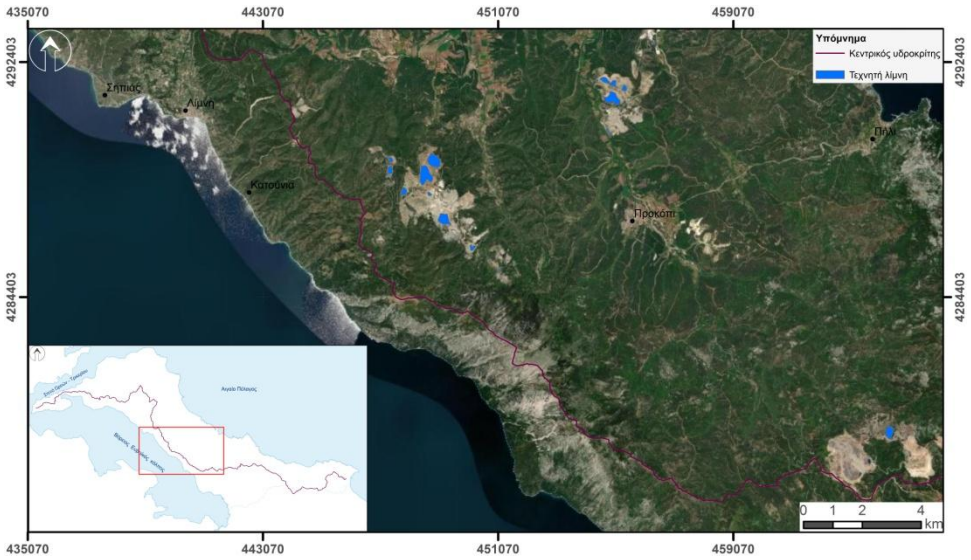
Σχήμα 5.60. Έλη Φλέβα και Αγίου Ταξιάρχη (αριστερά) και λιμνοθάλασσα Αλμυρή (δεξιά) (εικόνα από Google Earth Pro, 2017).

5.3.9 Αποτύπωση ανθρωπογενών επεμβάσεων

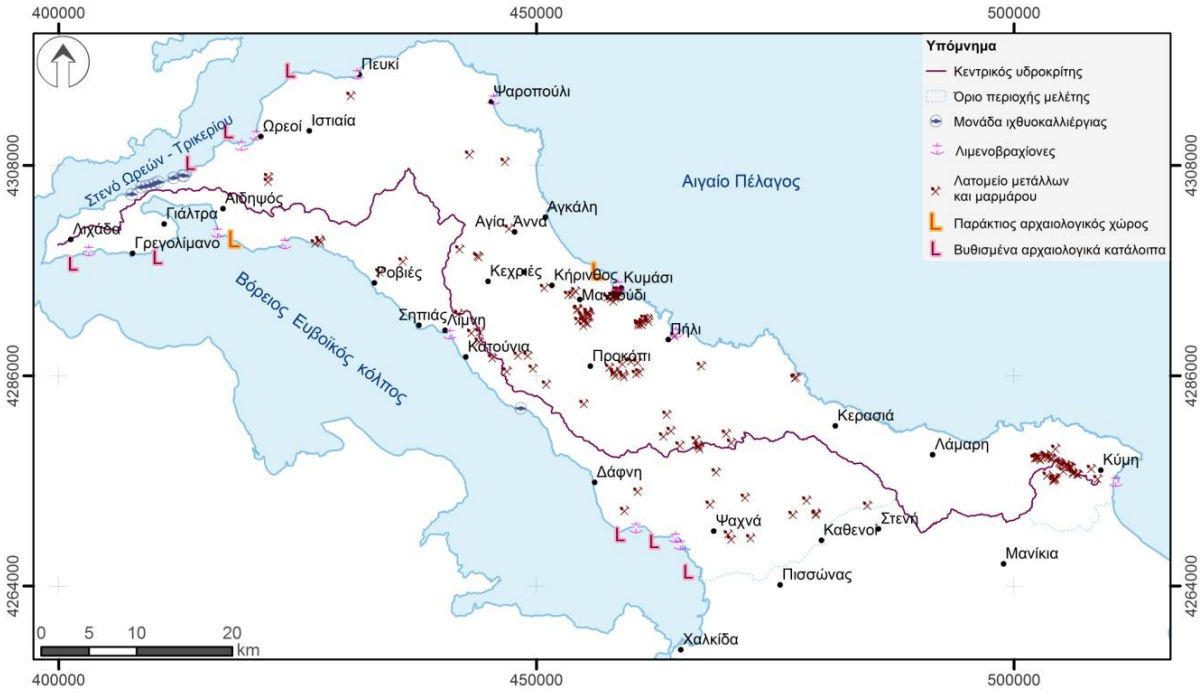
Στην περιοχή υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός τεχνητών λιμνών (Σχήμα 5.61) στις κοιλότητες και τους διαμορφωμένους αναβαθμούς που έχουν δημιουργηθεί από εξορυκτική δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν από τη λειτουργία των ορυχείων Λάρκο περιοχή Παγώντας Β-ΒΑ της Δάφνης (FeNi), των ορυχείων Τρουπίου – Κακάβου και Δαφνούσας (10 λίμνες από εξόρυξη λευκόλιθου) στην περιοχή μεταξύ Κατούνια και Προκόπι και από εξόρυξη στα ορυχεία Μαντουδίου (5 λίμνες Παρασκευόρεμα και μία ΒΑ αυτών στην περιοχή μεταξύ Μαντουδίου και Προκοπίου). Πρόκειται για ένα μοναδικό και σύνθετο ανθρωπογενές τοπίο το οποίο μετατρέπεται από τεχνητό σε ημιφυσικό ή σε φυσικό οικοσύστημα (Κουσουρής, 2014).

Στο σύνολο τους τα λατομεία (και γενικά οι εξορυκτικές δραστηριότητες) της περιοχής (Σχήμα 5.62) αποτυπώθηκαν από μελέτη δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών καθώς και σχετικής βιβλιογραφίας αλλά και από τους χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000. Ως εκ τούτου, πολλές από τις εγκαταστάσεις που απεικονίζονται μπορεί σήμερα να είναι ανενεργές, έχουν ωστόσο αφήσει στις περισσότερες περιπτώσεις το δικό τους αποτύπωμα στο ανάγλυφο. Οι εγκαταστάσεις που είναι περισσότερες από εκατό (100) αφορούν τόσο την εξόρυξη μετάλλων (π.χ. FeNi) όσο και την εκμετάλλευση μαρμάρου ή αδρανών υλικών ή λευκόλιθου και ο μεγαλύτερος αριθμός συγκεντρώνεται στις περιοχές Μαντούδι, Κυμάσι, Προκόπι και βόρεια της Κύμης. Μεμονωμένες εγκαταστάσεις εντοπίζονται στη λεκάνη Ψαχνών και κατά μήκος του κεντρικού υδροκρίτη.

Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν αρκετές θέσεις παράκτιων αρχαιολογικών χώρων και βυθισμένων αρχαιολογικών κατασκευών, οι οποίες εντοπίστηκαν από βιβλιογραφικές πηγές και φαίνονται στο σχήμα 5.62. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται επίσης οι θέσεις των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας καθώς και οι λιμενοβραχίονες που αφορούν λιμάνια τοπικής σημασίας (Ψαχνά, Πολιτικά, Λίμνη, Ήλια, Αιδηψός, Αγ. Γεώργιος Λιχάδας, Αγιόκαμπος, Ωρεοί, Πευκί, Ψαροπούλι, Μαντούδι, Πήλι, Κύμη). Τέλος, η μεταβολή του αναγλύφου, από την κατασκευή οδών και άλλων ανθρωπογενών επεμβάσεων, φαίνεται στη φωτογραφία του σχήματος 5.63 .



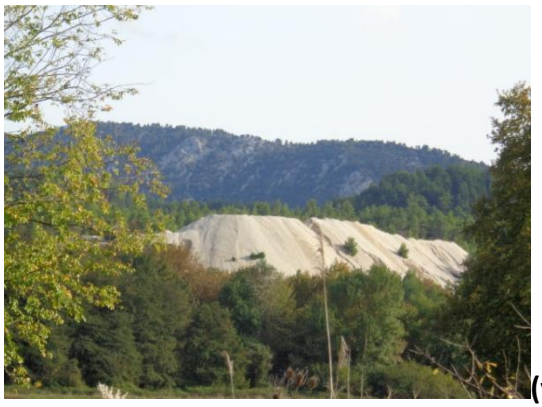
Σχήμα 5.61. Τεχνητές λίμνες περιοχής μελέτης από εξορυκτικές δραστηριότητες (υπόβαθρο χάρτη δορυφορική εικόνα Word Imagery του ArcMap).



Σχήμα 5.62. Θέσεις λατομείων, λιμενοβραχιόνων και μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας, καθώς και παράκτιων αρχαιολογικών χώρων και βυθισμένων αρχαιολογικών κατασκευών στην περιοχή μελέτης.


(α)


(β)


(γ)

Σχήμα 5.63. (α) Αλλοίωση αναγλύφου από την κατασκευή δρόμου παράλληλα στη δυτική ακτογραμμή του νησιού-θέση πριν την Αιδηψό, (β) μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας στην περιοχή μεταξύ Δάφνης και Κατούνια και (γ) μονάδα εξόρυξης και διαλογής λευκόλιθου στην περιοχή Προκόπι.

5.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση, μέσω των ποικίλων μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν, προκύπτει πως οι τάσεις στην περιοχή μελέτης εκτονώνονται μέσω ανοδικών και καθοδικών κινήσεων. Οι γεωμορφές και γενικότερα το ανάγλυφο της περιοχής, σχετίζονται με το γενικότερο γεωδυναμικό καθεστώς της περιοχής και κυρίως ελέγχονται από τη δράση των ρηγμάτων. Σημαντική για τη διαμόρφωση του σημερινού αναγλύφου είναι επίσης η λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών (κυρίως όσον αφορά την επιδεκτικότητά τους στη διάβρωση), οι εξωγενείς διεργασίες και κυρίως η ποτάμια διάβρωση και απόθεση αλλά και η αποσάθρωση.

Η ενεργότητα των κύριων ρηξιγενών ζωνών (Δίρφυος, Τελέθριου και Κανδηλίου) καθώς και των ρηγμάτων Κεχριών, Προκοπίου-Πηλίου, Ταξιάρχη (ΝΔ των Ωρεών), Ελληνικών και Βασιλικών (βόρεια και νότια της περιοχής Ψαροπούλι αντίστοιχα) και των ρηγμάτων εντός της λεκάνης του Μεσσάπιου, επιβεβαιώθηκε από την ταυτόχρονη παρουσία ορισμένων χαρακτηριστικών στοιχείων του αναγλύφου, όπως η ύπαρξη έντονης κατά βάθος διάβρωσης, οι πειρατείες υδρογραφικών δικτύων, τα σημεία κάμψης, οι μορφολογικές ασυνέχειες και οι κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης. Η γενική εικόνα νεότητας του αναγλύφου τεκμηριώνεται από την ύπαρξη τριγωνικών, τραπεζοειδών πρανών και κώνων κορημάτων που κατά θέσεις φτάνουν τα πολλά μέτρα σε ύψος (π.χ. ζώνη Κανδηλίου).

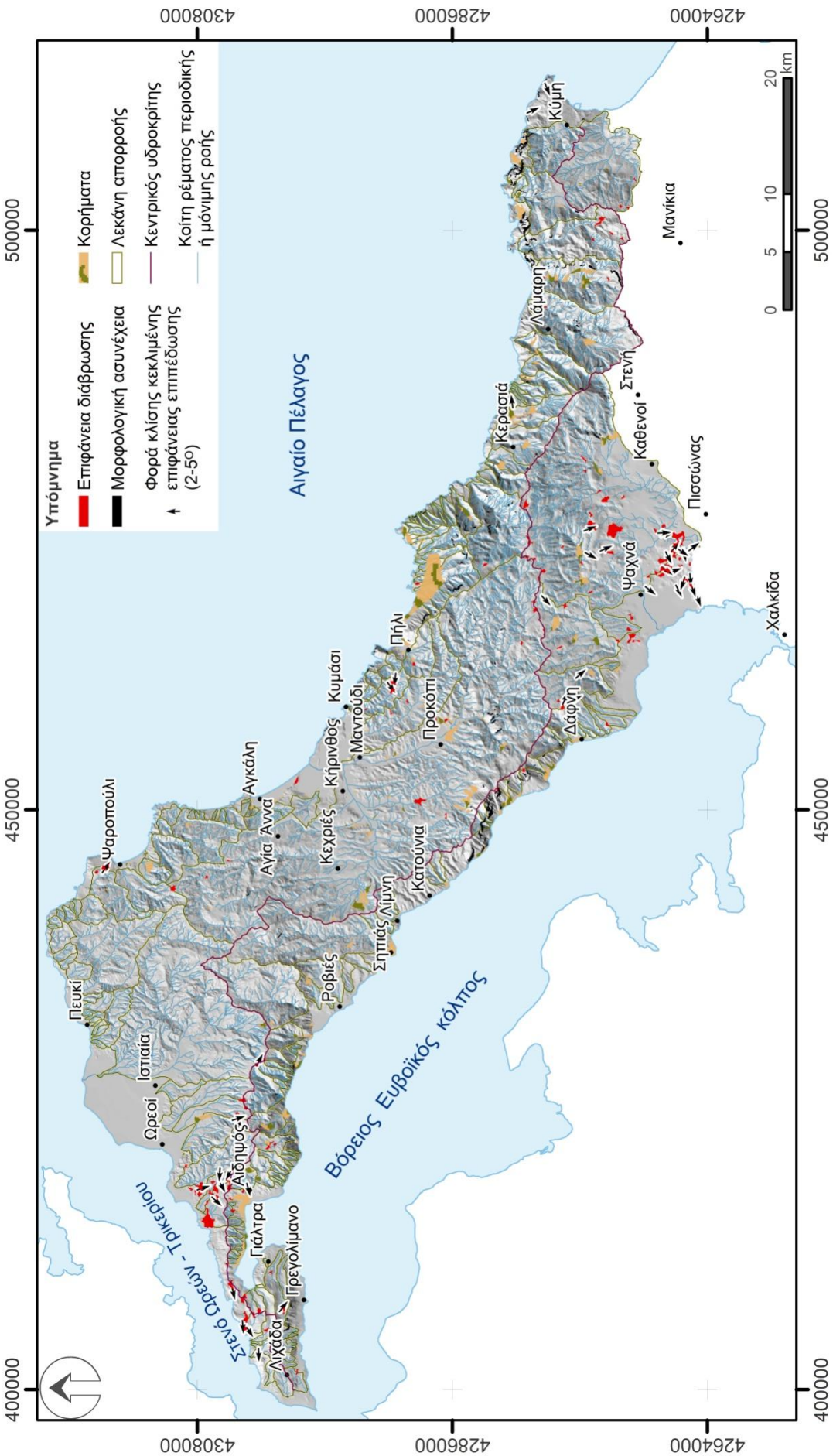
Πιο αναλυτικά, οι οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης συνδέονται με ανύψωση, σε αντίθεση με τις επιφάνειες απόθεσης που συνδέονται με περιοχές απόθεσης ποτάμιων ιζημάτων και κατά θέσεις μαρτυρούν αναστροφές κοιτών. Η κύρια εμφάνιση των επιφανειών διάβρωσης εντοπίζεται στα ανατολικά των Ωρεών και φαίνεται να σχετίζεται με τη δράση των κανονικών ρηγμάτων υψηλού επιπέδου διακινδύνευσης διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ. Επίσης στη χερσόνησο της Λιχάδας όπου επίσης σχετίζονται με τη δράση των κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης σχεδόν Α-Δ κατά μήκος των βόρειων και νότιων ακτών, στο νότιο τμήμα της λεκάνης του Μεσσάπιου ποταμού καθώς και κατά μήκος του κεντρικού υδροκρίτη. Οι τελευταίες μάλιστα παρουσιάζουν ευθύγραμμη ανάπτυξη διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ η οποία μπορεί να συνδεθεί με τεκτονική ανύψωση της ίδιας διεύθυνσης.

Οι λεκάνες απορροής παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο και επικρατεί η έντονη κατά βάθος διάβρωση και οι κοιλαδικές μορφές τύπου “V” σαν αποτέλεσμα της τεκτονικής ανύψωσης. Τα μεγαλύτερα υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής έχουν αναπτυχθεί σε ευδιάβρωτους σχηματισμούς στις Νεογενείς λεκάνες και έτσι συμπεραίνεται πως εκτός της τεκτονικής, σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των δικτύων παίζει η οπισθοδρομούσα διάβρωση και η λιθολογία.

Η μελέτη των αλλουβιακών ριπιδίων φανερώνει μεγαλύτερο ρυθμό ολίσθησης για τη ζώνη Τελέθριου έναντι του Κανδηλίου. Οι ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές επιβεβαιώνουν αυτή τη διαφορά μεταξύ των δύο ζωνών. Οι λιγοστές θαλάσσιες αναβαθμίδες της περιοχής εντοπίζονται στις ανατολικές ακτές, ενώ οι ποτάμιες επικρατούν στα μεγάλα υδρογραφικά δίκτυα του Ξηροπόταμου, Μεσσάπιου, Νηλέα και Κηρέα.

Αναφορικά με τις ακτές, συνοψίζοντας μπορεί να σημειωθεί πως επικρατούν ποσοστιαία οι ασβεστόλιθοι, δηλαδή παράκτιοι κρημνοί και ακολουθούν οι αλλουβιακές αποθέσεις, δηλαδή ακτές με ίζημα. Οι κλίσεις των παράκτιων κρημνών είναι μεγαλύτερες από 30^{o} για το 50% περίπου της παράκτιας ζώνης. Οι γεωμορφές που κυριαρχούν στην παράκτια ζώνη είναι μορφές διάβρωσης με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στις ανατολικές ακτές.

Τέλος, ορισμένες γεωμορφές που χαρτογραφήθηκαν στο κεφάλαιο χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του μορφοτεκτονικού χάρτη (χωρίς χρήση συγκεκριμένου προτύπου) του σχήματος 5.64. Αυτός περιλαμβάνει ως υπόβαθρο την τοπογραφία με μορφή σκιασμένου ανάγλυφου (ΨΜΕ 20 μ*20 μ, 270/45°) και αποτελείται από τα εξής επίπεδα: κεντρικός υδροκρίτης, κοίτες ρεμάτων περιοδικής / μόνιμης ροής, όρια λεκανών απορροής, οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης, κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης (φορά κλίσης μόνο), μορφολογικές ασυνέχειες και εμφανίσεις κώνων κορημάτων. Μελετώντας τον εν λόγω χάρτη είναι δυνατό να αντληθούν στοιχεία που αφορούν το τεκτονικό καθεστώς που χαρακτηρίζει την περιοχή. Η ανάπτυξη των επιφανειών διάβρωσης και των μορφολογικών ασυνεχειών είναι γραμμική και οι κεκλιμένες επιφάνειες εμφανίζονται κατά ζώνες. Οι περιοχές/ζώνες που χαρακτηρίζονται από αυτές τις ιδιαιτερότητες συνδέονται με ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις λόγω της δράσης των ρηγμάτων της περιοχής μελέτης με διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ έως Α-Δ, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ταξινόμηση των ρηγμάτων ως πολύ πιθανής δραστηριότητας.



Σχήμα 5.64. Μορφοτεκτονικός χάρτης περιοχής μελέτης.

Κεφάλαιο 6.

Ανάλυση υδρογραφικών συστημάτων σε τοπική κλίμακα - Τεκτονική Γεωμορφολογία

6.1 Εισαγωγή

6.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

6.2.1 Επιμήκη προφίλ

6.2.2 Μορφοτεκτονικοί δείκτες

6.2.2.1 Δείκτης ασυμμετρίας (Af)

6.2.2.2 Συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T)

6.2.2.3 Δείκτης μήκους - κλίσης ρέματος (SL)

6.2.2.4 Δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) -

6.2.2.5 Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi)

6.2.2.6 Δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs)

6.2.2.7 Δαντέλωση στους πρόποδες των ορεινών όγκων ή δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf)

6.2.3 Σύνθετοι δείκτες που έχουν προταθεί παγκοσμίως

6.3 Αποτελέσματα

6.3.1 Ανάλυση επιμήκων τομών (προφίλ) των κεντρικών κοιτών των υδρογραφικών δικτύων

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.2 Αποτελέσματα εκτίμησης μορφοτεκτονικών δεικτών ανά ζώνη

6.3.2.1 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη ασυμμετρίας (Af)

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.2.2 Αποτελέσματα εκτίμησης συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T)

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.2.3 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη μήκους - κλίσης ρέματος (SL)

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.2.4 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf)

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.2.5 Αποτελέσματα σχεδίασης εκτίμησης υψομετρικής καμπύλης και εκτίμησης υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi)

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.2.6 Αποτελέσματα εκτίμησης του Δείκτη εκτίμησης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs)

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.2.7 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf)

(i) Ζώνη Δίρφυος

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

6.3.3 Εντοπισμός ενεργών μετώπων με βάση τη σύγκριση δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf) και δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος (Vf)

6.3.4 Υπολογισμός σύνθετων δεικτών που έχουν προταθεί παγκοσμίως

6.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

6.1 Εισαγωγή

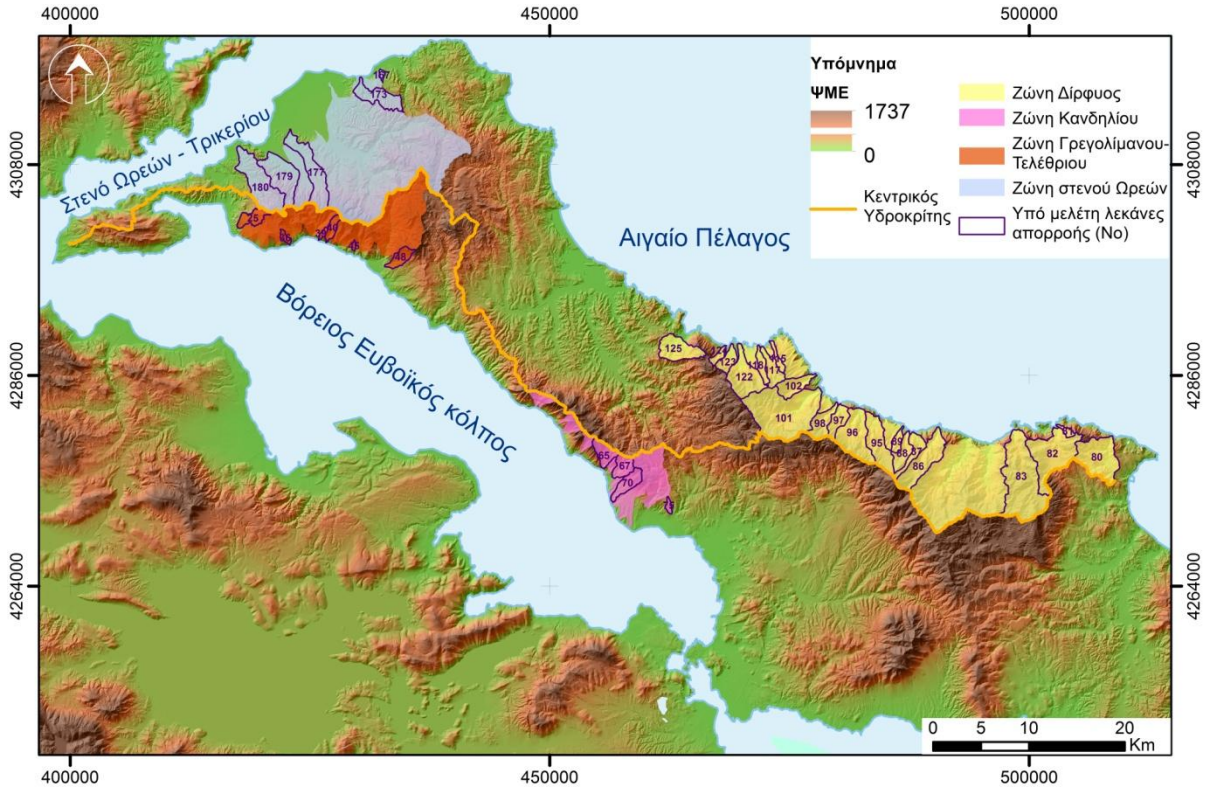
Η τεκτονική γεωμορφολογία είναι το γνωστικό αντικείμενο που ασχολείται με τη μελέτη των γεωμορφών που δημιουργούνται από τον τεκτονισμό και η μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ τεκτονικών και γεωμορφολογικών διεργασιών. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως σε λεπτομερείς γεωμορφολογικές μελέτες ρηξιγενών ζωνών και αντικαθιστά τα τελευταία χρόνια το όρο μορφοτεκτονική (Goudie, 2004; Scheidegger, 2004). Οι μελέτες τεκτονικής γεωμορφολογίας (μέσω ολοκληρωμένων προσεγγίσεων) χρησιμοποιούν επιλεγμένους γεωμορφολογικούς δείκτες που σχετίζονται με την τεκτονική της περιοχής επιχειρώντας να καθορίσουν την τεκτονική ιστορία που οδήγησε στα χαρακτηριστικά των γεωμορφών. Σε αρκετές περιπτώσεις επιχειρείται και το αντίστροφο, δηλαδή από τις πληροφορίες της τεκτονικής ιστορίας είναι δυνατό να καθοριστούν οι γεωμορφές που θα προκύψουν. Με τέτοιες μελέτες είναι δυνατός ο προσδιορισμός της φύσης, του χρόνου και της κατανομής των ρηγματώσεων και της σεισμικής δραστηριότητας που έλαβε χώρα δεκάδες χιλιάδες χρόνια πριν (Mayer, 1986). Η μεγάλη πρόκληση για την τεκτονική γεωμορφολογία είναι οι μεθοδολογίες που πρέπει να εφαρμοστούν ώστε από την υπάρχουσα τοπογραφία/γεωμορφολογία μιας περιοχής να εξαχθούν πληροφορίες που αφορούν την τεκτονική (Wang et al., 2009).

Είναι γνωστό πως οι κοινώς χρησιμοποιούμενοι Μορφομετρικοί Δείκτες Ενεργού Τεκτονικής (ΜΔΕΤ) αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για τη σύνδεση μεταξύ της τεκτονικής και της μορφολογίας του αναγλύφου σε περιφερειακή ή τοπική κλίμακα ή ακόμη και για τον προσδιορισμό της πρόσφατης παραμόρφωσης των γεωλογικών σχηματισμών (Keller & Pinter, 2002; Burbank & Anderson, 2008). Οι δείκτες αυτοί εντοπίζουν την απόκριση των γεωμορφών στις πρόσφατες διεργασίες παραμόρφωσης. Μεταξύ των σημαντικότερων γεωμορφών της επιφάνειας του αναγλύφου που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στις τεκτονικές κινήσεις, όπως η ανύψωση και η κλίση, είναι τα ποτάμια συστήματα. Τα χαρακτηριστικά τους σχετίζονται άμεσα με τις τεκτονικές κινήσεις και συνεπώς σε αυτά καταγράφεται η εξέλιξη της τεκτονικής παραμόρφωσης (Schumm, 1986). Ως εκ τούτου η μελέτη των υδρογραφικών δικτύων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής με τη χρήση ΜΔΕΤ μπορεί να οδηγήσει στην απόκτηση πολύτιμων πληροφοριών σχετικά με την τεκτονική ιστορία της περιοχής (Toudeshki & Arian,

2011). Οι χρήσιμες εφαρμογές της γεωμορφολογικής ανάλυσης στην εκτίμηση της ενεργού τεκτονικής, έχει καταδειχθεί από πολλές μελέτες σε διάφορες τεκτονικά ενεργές περιοχές της γης (π.χ. Pérez-Peña et al., 2010).

Το παρόν κεφάλαιο εστιάζει σε 4 υποπεριοχές όπως εντοπίστηκαν από την ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση προηγούμενου κεφαλαίου. Έτσι η περιοχή μελέτης έχει πλέον υποδιαιρεθεί, με βάση τα ευρήματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα (Κεφάλαιο 4), σε ζώνες των οποίων το κύριο χαρακτηριστικό είναι πως συγκεντρώνουν λεκάνες απορροής τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των οποίων δείχνουν ότι έχουν δεχτεί υψηλή έως πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα. Επιπλέον τα όρια των ζωνών αυτών ελέγχονται από ρήγματα των οποίων το μήκος είναι μεγαλύτερο από 5 χλμ και άρα πρόκειται για ρηξιγενείς ζώνες υψηλής διακινδύνευσης (Σχήμα 6.1). Τα όρια που χρησιμοποιούνται όπως αναλυτικά περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 4.3.7 είναι για τη ζώνη Δίρφυος οι λεκάνες απορροής No80 (ΝΑ) και No125 (ΒΔ), για τη ζώνη Κανδηλίου οι λεκάνες No60 (ΒΔ) και No75 (ΝΑ), για τη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου οι λεκάνες No25 (ΒΔ) και No48 (ΝΑ) και τέλος για τη ζώνη στενού Ωρεών οι λεκάνες No167 (Α) και No180 (Δ). Φυσικά, θα πρέπει να αναφερθεί πως ανάλογα με τα κριτήρια που επιλέγονται κάθε φορά, τα όρια των ζωνών αυτών μπορούν να εμφανίσουν αξιόλογες μεταβολές.

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι να αναλυθούν διάφοροι γεωμορφολογικοί δείκτες στα υπό μελέτη ποτάμια συστήματα με σκοπό τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της τεκτονικής δραστηριότητας και της γεωμορφολογίας. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται να ερμηνευτεί ή να γίνει περισσότερο κατανοητή η τεκτονο-γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής μελέτης. Επιπλέον στο τέλος του κεφαλαίου συζητούνται τα αποτελέσματα της εφαρμογής σύνθετων δεικτών (ως αποτέλεσμα του συνδυασμού διαφόρων από τους παραπάνω υπολογισθέντες δείκτες) που έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε άλλες περιοχές και η περιοχή κατηγοριοποιείται εκ νέου με βάση τη σχετική ενεργό τεκτονική δραστηριότητα που έχει δεχτεί.



Σχήμα 6.1. Ψευδοφωτοσκιασμένο ψηφιακό μοντέλο της ευρύτερης περιοχής μελέτης στο οποίο φαίνονται οι ρηξιγενείς ζώνες (όπως προκύπτουν από τα σχήματα 4.31 έως 4.36) και οι λεκάνες απορροής (Πίνακας 4.23) που θα μελετηθούν σε τοπική κλίμακα.

6.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε πολλές περιπτώσεις γεωμορφολογικών εφαρμογών που στοχεύουν στη μοντελοποίηση των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της γης ή στην ποσοτικοποίηση της επίδρασης των διεργασιών αυτών στη μορφολογία του αναγλύφου, χρησιμοποιείται η μορφομετρική ανάλυση η οποία υποστηρίζεται από την ανάλυση του ΨΜΕ. Η ανάλυση αυτή έχει ιδιαίτερο νόημα στην περίπτωση των τεκτονικά ενεργών περιοχών.

Ανεξάρτητα από την περιοχή μελέτης και το μέγεθος αυτής, υπάρχουν γεωμορφολογικοί δείκτες οι οποίοι αφορούν τα ποτάμια συστήματα και οι οποίοι μπορούν να συνδεθούν με ρυθμούς ανύψωσης, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου η μορφολογία του αναγλύφου αλλάζει λόγω της τεκτονικής (Kirby & Whipple, 2001). Οι γεωμορφολογικοί αυτοί δείκτες συχνά συνδέονται με το τεκτονικό καθεστώς μιας περιοχής και μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό του. Στην περιοχή μελέτης όπως φάνηκε από την ανάλυση του κεφαλαίου 4, υπάρχουν 36 λεκάνες

απορροής των οποίων τα μορφολογικά χαρακτηριστικά δείχνουν ότι έχουν επηρεαστεί από υψηλή τεκτονική δραστηριότητα και οι οποίες εντοπίζονται στις ζώνες Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου και Στενού Ωρεών (Πίνακας 4.23 και σχήμα 6.1).

Στο παρόν υποκεφάλαιο, αρχικά κατασκευάζονται και αναλύονται τα επιμήκη προφίλ των κεντρικών κλάδων των υδρογραφικών δικτύων και έπειτα υπολογίζονται απλοί γεωμορφολογικοί δείκτες: δείκτης ασυμμετρίας (AF), συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T), δείκτης μήκους-κλίσης ρέματος (SL), δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf), υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi), δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs) και δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf). Κατόπιν συγκρίνονται οι τιμές τους και παρουσιάζονται οι χωρικές τους διακυμάνσεις. Τέλος υπολογίζονται τέσσερις (4) σύνθετοι δείκτες οι οποίοι έχουν προταθεί από διάφορους συγγραφείς σε άλλες χώρες και αξιολογείται ο μέσος όρος τους, όπως περιγράφεται παρακάτω στις παραγράφους 6.2.3 και 6.3.4. Όλες οι μετρήσεις (εκτός των επιμήκων προφίλ) γίνονται χρησιμοποιώντας το ΨΜΕ με μέγεθος κελιού 5 μ*5 μ το οποίο χορηγήθηκε από την Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε. (Copyright ©2012,National Cadastre and Mapping agency S.A.) και για τους υπολογισμούς αξιοποιήθηκε το λογισμικό Arcmap.

6.2.1 Επιμήκη προφίλ

Το επίμηκες προφίλ ενός ποταμού είναι ένα διάγραμμα που προκύπτει από τη σχέση μεταξύ του υψομέτρου (y) και της απόστασης (κατά μήκος της κοίτης) κατάντη των εκβολών (x) και αντιπροσωπεύει την κλίση του ποταμού από τις πηγές έως την έξοδό του. Υπάρχουν δύο τύποι αποτύπωσης του προφίλ, αυτά στα οποία ο οριζόντιος άξονας είναι σε αριθμητική κλίμακα και αυτά στα οποία είναι σε λογαριθμική, ενώ ο κατακόρυφος άξονας έχει αριθμητική κλίμακα και στις δύο περιπτώσεις. Οι εξισορροπημένοι ποταμοί — δηλαδή εκείνοι των οποίων η κλίση της κοίτης, το πλάτος και το βάθος βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία με την παροχή και το ιζηματογενές φορτίο που μεταφέρεται κατά μήκος της κοίτης — τυπικά αναπτύσσουν ένα ομαλό κοίλο προφίλ (Σχήμα 6.2α). Άρα το ημιλογαριθμικό διάγραμμα αυτών, όπως προτάθηκε αρχικά από τον Hack (1957) για περιοχές με κοινή λιθολογία, θα είναι μια ευθεία γραμμή (Σχήμα 6.2β) της εξίσωση $H=C-K\ \ln(L)$. Στην εξίσωση το H είναι το υψόμετρο πάνω από το σημείο αναφοράς, L είναι το μήκος από το υψηλότερο σημείο της

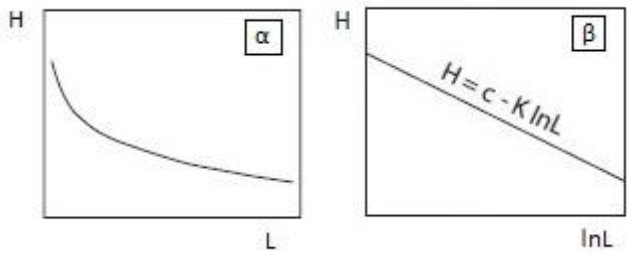
κοίτης του ποταμού, C είναι το υψόμετρο του υψηλότερου σημείου της κοίτης του ποταμού και K είναι η κλίση της γραμμής (οι κλίσεις είναι τέτοιες ώστε οι διεργασίες της διάβρωσης και της απόθεσης να βρίσκονται σε ισορροπία). Αυτό το κοίλο προφίλ προκύπτει εν μέρει από τη γνωστή αντίστροφη σχέση απόθεσης-κλίσης σύμφωνα με την οποία καθώς η παροχή αυξάνεται και το μέγεθος των κόκκων του ιζηματογενούς φορτίου μειώνεται κατάντη, απαιτούνται μικρότερες κλίσεις για να μεταφερθεί το υλικό και ταυτόχρονα για να διαβρωθεί το υπόβαθρο (Pazzaglia et al., 1998).

Το κοίλο προφίλ ισορροπίας των ποταμών, όπως περιγράφηκε παραπάνω, αλλά και το πόσο απότομο είναι το προφίλ εξαρτάται από σειρά παραγόντων που αφορούν τη γεωλογία, τη γεωμορφολογία, τη μεταφορά ιζήματος (π.χ. Hack, 1957), καθώς και την εξέλιξη του αναγλύφου ή την τεκτονική ιστορία μιας περιοχής (π.χ. Snyder et al., 2000), και παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την νεοτεκτονική δραστηριότητα (π.χ. Ramírez-Herrera, 1998; Molin et al., 2004).

Μια διαφοροποίηση από την ισορροπία αποτελεί η καμπυλότητα του προφίλ συνολικά, η οποία εκφράζεται με μία χαμηλή κλίση στο ανάντι τμήμα του ποταμού και μια σχετικά απότομη κλίση στο κατάντι τμήμα (Hanks & Webb, 2006). Η μορφή αυτή μπορεί να προκύψει από την παρουσία περισσότερο ευδιάβρωτων σχηματισμών κατά μήκος της κοίτης του ποταμού στα ανάντη (ομαλές κλίσεις) και πιο ανθεκτικούς στη διάβρωση σχηματισμούς (που έχουν αποτέλεσμα πιο απότομες κλίσεις) στα κατάντη. Τοπικά απότομες αλλαγές (ασυνέχειες) στο προφίλ ενός ποταμού, μπορούν να οφείλονται στην παρουσία διαφορετικής λιθολογίας σχηματισμάτων κατά μήκος της κοίτης. Συχνά τέτοιες αλλαγές δεν σχετίζονται με συνθήκες ισορροπίας, αλλά οφείλονται σε τοπικά ρήγματα που τέμνουν κάθετα την κοίτη (Goldrick & Bishop, 1995). Η μελέτη κυρτών τμημάτων που ονομάζονται σημεία κάμψης (είναι μια πτώση στο βασικό επίπεδο, μια ασυνέχεια στο επίμηκες προφίλ του ποταμού η οποία μπορεί να έχει τη μορφή μιας κατακόρυφου βήματος κάμψης ή μίας αλλαγής κλίσης κάμψης, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3). Ανάλογα με το μήκος τους σε σύγκριση με το συνολικό μήκος του ποταμού, είναι δυνατό να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα για τη σχέση τους με τεκτονικές κινήσεις σε διάφορες κλίμακες (Molin et al., 2004). Για παράδειγμα, η μελέτη της ευκρίνειας των σημείων κάμψης είναι χρήσιμη γιατί δίνει πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο που η πρόσφατη ενεργός τεκτονική ή γεγονότα σύλληψης - πειρατείας - ποταμών έλαβαν χώρα. Γενικά όσο πιο απότομο είναι ένα σημείο κάμψης, τόσο πιο πρόσφατα δημιουργήθηκε (Wobus

et al., 2006). Επίσης, η απόκλιση από την κατάσταση ισοροπίας (η οποία καθορίζεται από τον τρόπο που το ποτάμιο σύστημα αντιδρά σε μία χρονική και χωρική διαταραχή), εκδηλώνεται ως εξής:

- με με ένα κατακόρυφο «σκαλοπάτι» σε περίπτωση ενός μεμονωμένου γεγονότος, ενός ανθεκτικού υποβάρθου, μιας ροής κορημάτων ή μιας κατολίσθησης,
- με μία κάμψη αλλαγής κλίσης ως αποτέλεσμα ενός ρήγματος ή της αλλαγής του ρυθμού ολίσθησης που οδηγεί το ποτάμιο σύστημα σε μία νέα κατάσταση ισορροπίας (Kirby & Whipple, 2012).



Σχήμα 6.2. (α) Εξιδανικευμένο προφίλ κοίλου σχήματος ενός εξισορροπημένου ποταμού και (β) Διάγραμμα του εξιδανικευμένου προφίλ σε ημιλογαριθμική κλίμακα (τροποποιημένα σχήματα από Pérez-Peña et al. (2009c)).



Σχήμα 6.3. Σχηματικό διάγραμμα που απεικονίζει το επίμηκες προφίλ (α) μη διαταραγμένου ποταμού –κοίλο προφίλ (unperturbed concave - up)- η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στη μετάβαση από τους κώνους κορημάτων στις ποτάμιες διεργασίες, (β) ποταμού που παρουσιάζει κατακόρυφου βήματος σημείο κάμψης (vertical-step knickpoint) και (γ) ποταμού που παρουσιάζει σημείο κάμψης αλλαγής κλίσης (slope-break knickpoint) (τροποποιημένο από Whipple et al., 2013 και Wobus et al. 2006).

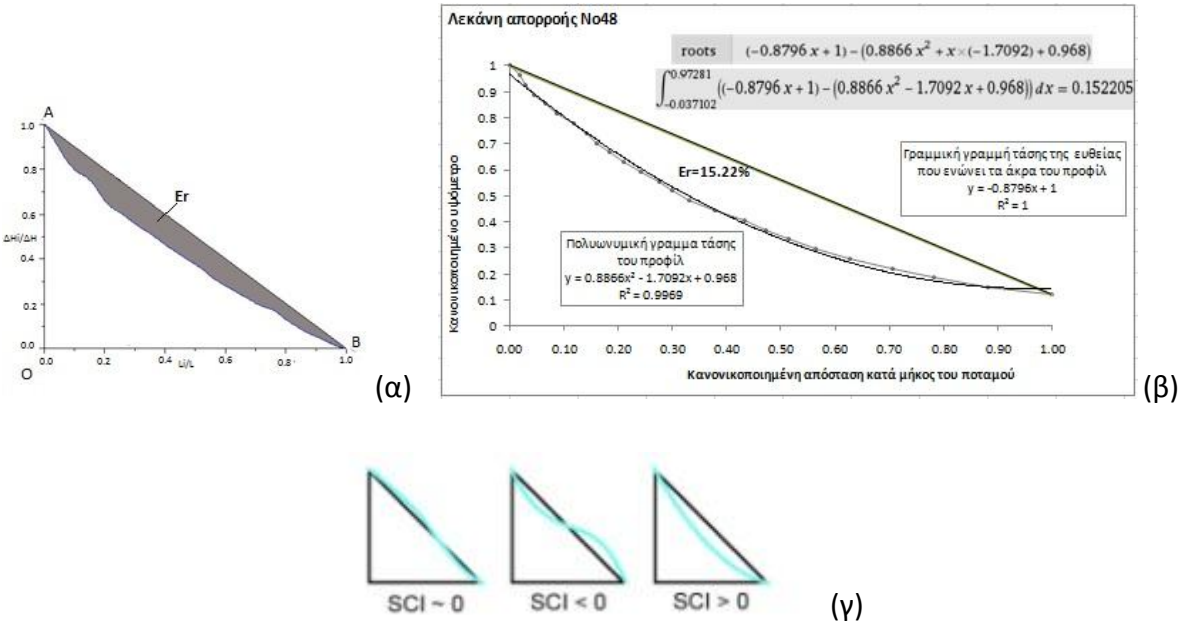
Στην παρούσα παράγραφο αναλύονται τα υδρογραφικά δίκτυα 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Strahler και οι κεντρικές τους κοίτες έχουν μήκη που κυμαίνονται από περίπου 1 έως 11 χλμ. Για τη σχεδίαση των 36 προφίλ χρησιμοποιήθηκαν οι ισοϋψείς των 20 μ και η κεντρική κοίτη των υδρογραφικών δικτύων η οποία είχε ψηφιοποιηθεί, βάσει των ισοϋψών των τοπογραφικών χαρτών, σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Τα προφίλ των ποταμών μελετώνται μεμονωμένα με συμβατικές μεθόδους όπως ανάλυση κανονικοποιημένων διαγραμμάτων του μήκους ποταμού (Li/L όπου L= το συνολικό μήκος της κοίτης) σε σχέση με το υψόμετρο (ΔHi/ΔH όπου ΔH= η συνολική διαφορά υψομέτρου από το υψηλότερο σημείο της κοίτης έως την εκβολή) (Σχήμα Π. 11). Αυτή η ανάλυση επιτρέπει συγκρίσεις προφίλ μεταξύ ποταμών διαφορετικών μηκών και κλίσεων και τονίζει τις διακυμάνσεις στην κλίση των ποταμών (Demoulin, 1998). Με βάση τα διαγράμματα αυτά έγινε ο πρώτος υπολογισμός του βαθμού εξισορρόπησης των προφίλ μέσω του υπολογισμού της παραμέτρου Er (Σχήμα 6.4α και β με παράδειγμα υπολογισμού από την περιοχή μελέτης- τα ποσοστά για κάθε προφίλ αντίστοιχα αναγράφονται στο σχήμα Π. 11). Η παράμετρος αυτή αντιστοιχεί την περιοχή, εκφρασμένη ως ποσοστό επί τοις εκατό (%) του τριγώνου OAB, που έχει διαβρωθεί μεταξύ του πραγματικού προφίλ και ενός υποτιθέμενου αρχικού προφίλ που ενώνει το υψηλότερο σημείο της κοίτης με την εκβολή μέσω μιας ευθείας γραμμής (Demoulin, 1998). Όσο πιο κοντά στην ισορροπία είναι ένα προφίλ, τόσο λιγότερη είναι η διάβρωση και τόσο μεγαλύτερη η τιμή της παραμέτρου Er όπως φαίνεται και στο εξιδανικευμένο διάγραμμα του σχήματος 6.2α. Στα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν (Σχήμα Π. 11) σημειώνονται επιπλέον οι θέσεις των ρηγμάτων που τέμνουν την κεντρική κοίτη των δικτύων βάσει του χάρτη τεκτονικών δομών της περιοχής (Σχήμα 3.33) και ενσωματώθηκε επιπλέον η πληροφορία των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της κοίτης βάσει του απλοποιημένου λιθολογικού χάρτη της περιοχής (Σχήμα 4.25) ώστε να φανεί η σχέση των σημείων κάμψης με τη γεωλογία ή την τεκτονική της περιοχής, δηλαδή ποιος είναι ο παράγοντας που διαφοροποιεί το προφίλ από την ιδανική κατάσταση.

Τέλος από το εμβαδό Er που υπολογίστηκε παραπάνω και ακολουθώντας τη μέθοδο των Zaprowski et al. (2005) προέκυψε ο Δείκτης Καμπυλότητας Ποταμού - Sci) (Πίνακας 6.4) –που ισούται με το ρυθμό αλλαγής της καμπυλότητας του προφίλ. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από τη σχέση Sci=Er / 0.5 και οι τιμές του οποίου σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς και σε σχέση με το μηδέν (0) σχετίζονται με το σχήμα των προφίλ των ποταμών όπως φαίνεται στα τρίγωνα του σχήματος 6.4γ. Σχεδόν ευθύγραμμα προφίλ έχουν τιμή δείκτη Sci≈0, καμπύλου σχήματος προφίλ έχουν θετική τιμή δείκτη (Sci>0) και κυρτού σχήματος προφίλ έχουν αρνητικές τιμές (Sci<0). Κατά την ανάλυση ενός προφίλ ποταμού, η καμπυλότητά του είναι η αλλαγή στην κλίση του οπότε το να υπολογιστεί αυτή η καμπυλότητα είναι χρήσιμο στο να εντοπιστούν πιθανές ανωμαλίες, το στάδιο διάβρωσης του υποβάθρου ή και τυχόν ανύψωση

της περιοχής από την οποία διέρχεται ο ποταμός. Να σημειωθεί πως σύμφωνα με τους Zaprowski et al. (2005), ο δείκτης καμπυλότητας Sci συνδιακυμαίνεται με τον δείκτη καμπυλότητας "θ" που προκύπτει από την κλίση της γραμμής παλινδρόμησης στα λογαριθμικά διαγράμματα κλίσης – εμβαδού (SA plots). Και οι δύο αυτοί δείκτες μετρούν αποτελεσματικά την καμπυλότητα του προφίλ (είναι προφανές πως μία τιμή του δείκτη Sci δε σχετίζεται με ένα μοναδικό προφίλ ποταμού).

Τέλος τα προφίλ μελετώνται παράλληλα με το δείκτη μήκους κλίσης ρέματος (SL) που υπολογίζεται παρακάτω (Σχήμα Π. 12). Σκοπός είναι τα «νέα σημεία κάμψης», δηλαδή όσα δεν συσχετίστηκαν με κάποιο ήδη καταγεγραμμένο ρήγμα (σε σύγκριση με το ρηξιγενή ιστό της περιοχής μελέτης που φαίνεται στο σχήμα 3.33) σε τμήματα με υψηλό δείκτη SL, να συναξιολογηθούν με τις φωτογραμμώσεις του σχήματος 3.38α και β και με τον τρόπο αυτό να προκύψουν οι νέες γραμμώσεις (πιθανά ρήγματα) που επηρεάζουν τα προφίλ και να ενσωματωθούν στο νεοτεκτονικό χάρτη που θα κατασκευαστεί. Τα νέα σημεία κάμψης σημειώνονται με το σύμβολο «Κρ» στα διαγράμματα του σχήματος Π. 11.



Σχήμα 6.4. (α) Σκίτσο στο οποίο φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού της παραμέτρου Er σε ένα προφίλ. A=υψηλότερο σημείο της κοίτης του ποταμού, B: εκβολή του ποταμού και Er: εκφρασμένο ως % της περιοχής OAB (τροποποιημένο από Demoulin, (1998)), (β) Παράδειγμα υπολογισμού του εμδαδού Er στην τομή του δικτύου της λεκάνης απορροής No48 και (γ) Τριγωνα στα οποία φαίνεται με ποιο τρόπο το σχήμα του προφίλ του ποταμού .αντιστοιχεί στις τιμές του δείκτη Sci σε σχέση με το 0 (Zaprowski et al., 2005).

6.2.2 Μορφοτεκτονικοί δείκτες

6.2.2.1 Δείκτης ασυμμετρίας (Af)

Ο δείκτης ασυμμετρίας (Af) έχει περιγραφεί παραπάνω στο κεφάλαιο 4 και υπολογίζεται βάσει της αντίστοιχης εξίσωσης του πίνακα 4.4.

Οι τιμές της παραμέτρου ταξινομήθηκαν με βάση τις φυσικές ομάδες στην κατανομή των δεδομένων — δηλαδή με τη μέθοδο φυσικών διακοπών (natural breaks/jenks) — σε τρεις κατηγορίες Af>20,71 (1), 9,46<Af≤20,71 (2) και Af ≤9,46 (3), με τις μεγαλύτερες τιμές να αντιπροσωπεύουν θέσεις ενεργού τεκτονικής ή λιθολογικού ελέγχου.

6.2.2.2 Συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T)

Ο συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T), σύμφωνα με τον Cox (1994), αποτελεί μια ποσοτική έκφραση της μετατόπισης της κοίτης ενός ποταμού και υπολογίζεται από τον τύπο: T = Da / Dd, όπου Da είναι η απόσταση από τη μέση γραμμή της λεκάνης απορροής (που χωρίζει τη λεκάνη σε δύο ίσα μέρη) έως την κεντρική κοίτη του ποταμού και Dd είναι η απόσταση από τη μέση γραμμή της λεκάνης απορροής έως τον υδροκρίτη.

Ο δείκτης χαρακτηρίζει την κλίση του αναγλύφου και την ασυμμετρία του υδρογραφικού δικτύου διότι όταν δεν υπάρχουν σταθερές συνθήκες τότε επικρατεί παραμόρφωση. Συγκεκριμένα ο συντελεστής μπορεί να παρέχει πληροφορίες που αφορούν την ασυμμετρία της λεκάνης σε περιοχές που βρίσκονται σε καθεστώς ταχείας ανύψωσης (Cox et al., 2001). Όταν είναι ίσος με μηδέν (0) η λεκάνη είναι τέλεια συμμετρική ενώ καθώς η ασυμμετρία αυξάνεται ο συντελεστής τείνει στη μονάδα (1) (Σχήμα 6.5). Συνεπώς τιμές κοντά στη μονάδα (1) δείχνουν υψηλό βαθμό μετατόπισης του ποταμού και κλίση της λεκάνης προς αυτή την κατεύθυνση.



Σχήμα 6.5. Τρόπος υπολογισμού του Συντελεστή Εγκάρσιας Τοπογραφικής Συμμετρίας (Τ) και του προσανατολισμού της κλίσης. Το παράδειγμα αφορά τη λεκάνη Νο 40 της περιοχής μελέτης .

Στο σημείο όπου Τ=0,71 (278,28 μ/394,05 μ) ο ποταμός έχει μετατοπιστεί προς τον υδροκρίτη, ενώ στο σημείο όπου Τ=0,01 (4,07 μ/441,08 μ) ο ποταμός σχεδόν ταυτίζεται με τη μέση γραμμή της λεκάνης. Το μέγεθος των διανυσμάτων στο σχήμα μεγαλώνει όσο αυξάνεται η τιμή του δείκτης και ενώ η φορά των διανυσμάτων ποσοτικοποιεί τη διεύθυνση της μετατόπισης.

Ο υπολογισμός του συντελεστή έγινε με ημιαυτόματο τρόπο, με χρήση της εφαρμογής T-Vector την οποία δημιούργησε ο Arnaud Temme ως μέρος ενός ερευνητικού προγράμματος του τμήματος Land Dynamics του πανεπιστημίου Wageningen (τη διδακτορική διατριβή του Wim Viveen). Η εφαρμογή επιτρέπει τον αυτόματο υπολογισμό των τεκτονικών επιδράσεων σε μεγάλο αριθμό λεκανών απορροής μέσω της μεθόδου που ανέπτυξε ο Cox (1994) (αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος και κατόπιν έγινε έλεγχος για διαφορές των ποτάμιων συστημάτων όπως προέκυψαν από το ΨΜΕ και των ήδη χαραγμένων υδρογραφικών συστημάτων και οι απαιτούμενες διορθώσεις). Η εφαρμογή, η οποία αρχικά παρουσιάστηκε στο άρθρο των Viveen et al. (2012) και για την οποία παρέχονται συχνά ενημερώσεις με τελευταία αυτή του Μαΐου 2017 η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, χρησιμοποιεί το ΨΜΕ και έναν χάρτη με τις λεκάνες απορροής και υπολογίζει το συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας και τη διεύθυνση της κλίσης τους. Στην παρούσα διατριβή ο δείκτης υπολογίζεται ανά 500 μ κατά μήκος των κύριων κλάδων των υδρογραφικών δικτύων και ο μέσος όρος όλων των τιμών (των τμημάτων στα οποία έχει χωριστεί η λεκάνη) παρέχει τη μέση τιμή του δείκτη, ενώ η διεύθυνση του μέσου διανύσματος προκύπτει από τη μέση διεύθυνση όλων των διανυσμάτων. Οι τιμές της παραμέτρου ταξινομήθηκαν με βάση τις φυσικές ομάδες στην κατανομή των δεδομένων — δηλαδή με τη μέθοδο φυσικών διακοπών — σε τρεις κατηγορίες $T>0,57$, $0,26<T\leq0,57$ και $T \leq 0,26$. Τέλος δημιουργήθηκαν χάρτες χωρικής κατανομής των

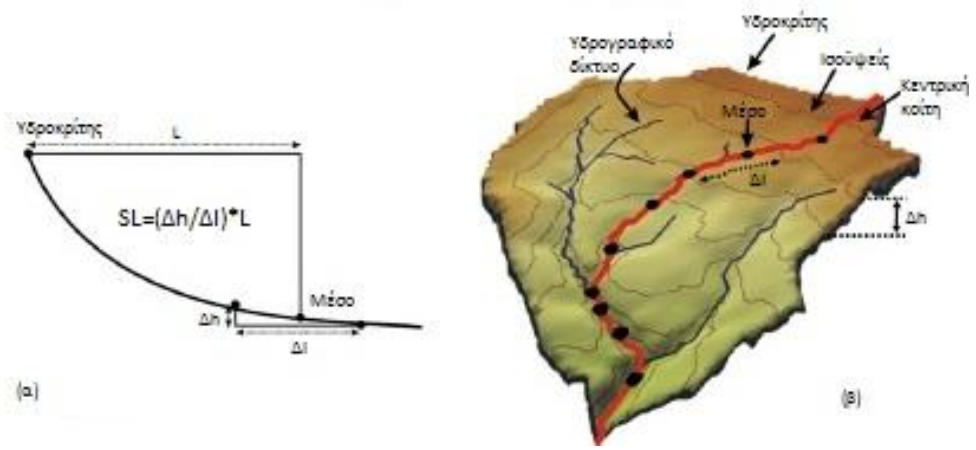
μεγεθών που υπολογίστηκαν και πολικά διαγράμματα τόσο για κάθε διάνυσμα χωριστά όσο και το μέσο διάνυσμα ώστε να παρουσιαστεί η τάση της μετατόπισης του ποταμού.

6.2.2.3 Δείκτης μήκους - κλίσης ρέματος (SL)

Ο δείκτης μήκους – κλίσης ρέματος (SL) αποτελεί ένα πρακτικό εργαλείο για τη μέτρηση των διαταραχών (perturbations) κατά μήκος των επιμήκων προφίλ των ποταμών- ή όπως αρχικά προτάθηκε για τον εντοπισμό των τμημάτων ενός ποταμού που θεωρούνται «ανώμαλα» και αποτελεί μία από τις γεωμορφολογικές παραμέτρους που περιλαμβάνονται στις μορφοτεκτονκές έρευνες (Burbank & Anderson, 2008).

Με το δείκτη SL καθορίζεται εάν ένας ποταμός βρίσκεται σε γεωμορφολογική ισορροπία με κριτήριο τη σχέση μεταξύ της κλίσης της κοίτης και της έκτασης της λεκάνης απορροής (Hack, 1973), και η εξίσωση με βάση την οποία υπολογίζεται είναι:

SL=(Δh/Δl)*L , όπου Δh/Δl= η κλίση του ρέματος για το τμήμα το οποίο έχει επιλεγεί και L = το συνολικό μήκος του ρέματος από τη μέση του τμήματος που έχει επιλεγεί έως το υψηλότερο σημείο του ρέματος στα ανάντη (Hack, 1973; Keller & Pinter, 2002) (Σχήμα 6.6).



Σχήμα 6.6. Ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη μήκους-κλίσης ρέματος (SL). (α) Ο δείκτης SL κατά μήκος του ποταμού (τροποποιημένο από Hack (1973)) και (β) Τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό του δείκτη (τροποποιημένο από Font et al. (2010)).

Ο εν λόγω δείκτης συνδέεται με την παροχή του ποταμού, σχετίζεται με την ικανότητά του να διαβρώνει την κοίτη του και να μεταφέρει ιζήματα και είναι ευαίσθητος στις αλλαγές της κλίσης της κοίτης. Για τους λόγους αυτούς ο δείκτης SL επιτρέπει τον υπολογισμό της σχέσης μεταξύ πιθανής τεκτονικής δραστηριότητας, ανθεκτικότητας του πετρώματος και τοπογραφίας (Keller & Pinter, 2002). Ο υπολογισμός βοηθά τον εντοπισμό της τεκτονικής επίδρασης στην τοπογραφία και της αρχικής απόκρισης του ποταμού σε διεργασίες όπως η ανύψωση, που δεν μπορούν να εντοπιστούν από άλλες μορφομετρικές παραμέτρους (Troiani & Della Seta, 2008). Υψηλές τιμές του δείκτη σε περιοχή με ευδιάβρωτους γεωλογικούς σχηματισμούς δείχνουν πρόσφατη τεκτονική δραστηριότητα (Chen et al., 2003; Zovoili et al., 2004). Εάν η λιθολογία είναι όμοια κατά μήκος όλης της κοίτης τότε η ανωμαλία μπορεί αν συνδεθεί με τεκτονικές κινήσεις, οι οποίες όμως είναι μεταγενέστερες της δημιουργίας του υδρογραφικού δικτύου (Monteiro et al., 2010). Γενικά, η τιμή του δείκτη αυξάνεται σε ποτάμια που ρέουν σε περιοχή που υφίσταται ανύψωση.

Δεδομένου ότι οι αλλαγές που συμβαίνουν στο επίμηκες προφίλ ενός ποταμού γενικά αντανακλούν πιθανή τεκτονική αιτία (δες αναλυτικά παράγραφο 6.2.1), ο δείκτης SL, ο οποίος υπολογίστηκε με βάση την ανωτέρω εξίσωση για τις κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων των υπό μελέτη λεκανών απορροής, σχεδιάστηκε συνδυαστικά με τα αντίστοιχα επιμήκη προφίλ. Η σχεδίαση αυτή επιτρέπει τη σύγκριση και τη σύνδεση των αλλαγών στην κλίση του ποταμού με τις τιμές SL ώστε να προκύψουν αποτελέσματα που αφορούν τις τεκτονικές δομές (Pedrera et al., 2009; Ambili & Narayana, 2014; Doranti-Tiritan et al., 2014). Σύμφωνα με τους Rădoane et al. (2017), ο δείκτης SL ποσοτικοποιεί τις παραμορφώσεις στη φυσική καμπυλότητα των επιμήκων προφίλ.

Στη συνέχεια, οι τιμές της παραμέτρου ταξινομήθηκαν με τη μέθοδο φυσικών διακοπών σε τρεις κατηγορίες ήτοι: SL≤302,31 για περιοχές χαμηλής τεκτονικής δραστηριότητας, 302,31<SL≤658,09 για περιοχές μέτριας τεκτονικής δράσης και SL>658,09 για περιοχές που έχουν επηρεαστεί από υψηλή τεκτονική δραστηριότητα. Με βάση τις τιμές του δείκτη, κατασκευάστηκαν οι χάρτες ισοκατανομής των τιμών του δείκτη μήκους – κλίσης ρέματος, για το σύνολο των λεκανών των υπό μελέτη ζωνών και για κάθε ζώνη χωριστά, με τη χρήση μιας βασικής τεχνικής τοπικής γειτονίας που είναι η στάθμιση αντίστροφης απόστασης (IDW). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, η οποία αποτελεί έναν ντετερμινιστικό τρόπο υπολογισμού χωρικής παρεμβολής, η τιμή ενός άγνωστου σημείου υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος

όρος ενός αριθμού κοντινότερων και γνωστών σημείων σε αυτό. Εφόσον στη βάση της προσέγγισης της τοπικής γειτονίας βρίσκεται η υπόθεση πως τα γνωστά σημεία επηρεάζουν ή μεταφέρουν πληροφορίες για μια περιοχή γύρω από αυτά, ο δείκτης υπολογίστηκε για τις λεκάνες που εντοπίστηκαν ανωτέρω στο κεφάλαιο 4 και ακολούθως με τη μέθοδο που περιγράφηκε έγινε η κατανομή τιμών σε κάθε ζώνη χωριστά. Το κελί των εικόνων που δημιουργήθηκαν καθορίστηκε με διάσταση 50 μ*50 μ, ο εκθέτης της απόστασης που ελέγχει τη σημασία των γύρω σημείων στην παρεμβαλλόμενη τιμή ορίστηκε στην τιμή 2 και ο τομέας της γειτονίας που επιλέχθηκε έχει το σχήμα μιας ενιαίας έλλειψης.

6.2.2.4 Δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) -

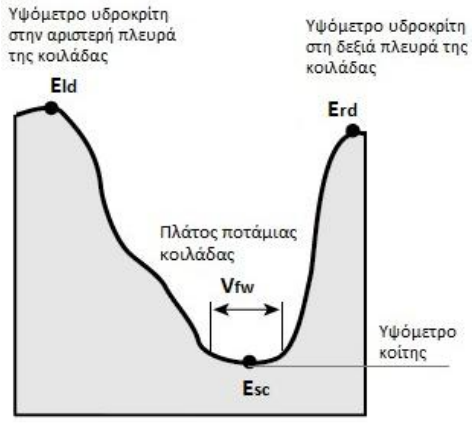
Ο δείκτης Vf υπολογίζεται σύμφωνα με το σχήμα 6.7 και βάσει της παρακάτω εξίσωσης (Bull & McFadden, 1977): Vf= 2Vfw/(Eld+Erd-2Esc),

όπου Vfw = το πλάτος του πυθμένα της κοιλάδας, Eld = το υψόμετρο του αριστερού υδροκρίτη, Erd = το υψόμετρο του δεξιού υδροκρίτη και Esc = το υψόμετρο του πυθμένα της κοιλάδας (της μισγάγγειας).

Ο λόγος πλάτους κοιλάδας προς το ύψος αυτής (Vf) είναι ένας δείκτης που διαχωρίζει τις κοιλάδες τύπου “V” από τις “U” και από τις “επίπεδου δαπέδου”. Χρησιμοποιείται δηλαδή για να διακρίνει τις πιο βαθιές, στενές κοιλάδες από τις πιο ανοιχτές, ευρέος δαπέδου κοιλάδες. Ο πρώτος τύπος κοιλάδας σχετίζεται συνήθως με περιοχές όπου το ποτάμι διαβρώνει κατά βάθος ενεργά χωρίς να υπερισχύουν οι διεργασίες διαπλάτυνσης της κοιλάδας. Αυτής της μορφής οι κοιλάδες συνήθως είναι ένδειξη τεκτονικά ενεργών περιοχών καθώς η τεκτονική ανύψωση πυροδοτεί την κατά βάθος διάβρωση. Αντίθετα, ο δεύτερος τύπος κοιλάδων είναι τυπικός περιοχών όπου το βασικό επίπεδο του ποταμού έχει σταθεροποιηθεί και υπερισχύουν οι διεργασίες διαπλάτυνσης και συνεπώς απαντάται σε λιγότερο ενεργές τεκτονικά περιοχές (Viveen et al., 2012). Γενικά, υψηλές τιμές του δείκτη σχετίζονται με μικρούς ρυθμούς ανύψωσης ενώ χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε βαθιές κοιλάδες με ποταμούς που διαβρώνουν έντονα και σχετίζονται με υψηλότερους ρυθμούς ανύψωσης ή με ανύψωση συνολικά (Keller & Pinter, 2002). Πιο συγκεκριμένα, εφόσον η ανύψωση σχετίζεται με κατά βάθος διαβρώσεις και οι χαμηλές τιμές του δείκτη Vf σχετίζονται με υψηλό ρυθμό ανύψωσης, συνήθως βαθιές “V” κοιλάδες (με Vf<1 σύμφωνα με τους Silva et al. (2003) ή <0,5 σύμφωνα με τον Bull (2007))

συνδέονται με γραμμικά ποτάμια που διαβρώνουν κατά βάθος, χαρακτηριστικά ζωνών που υπόκεινται σε ενεργό ανύψωση. Αντίθετα, πιο επίπεδες και τύπου "U" κοιλάδες (με Vf>1 σύμφωνα με τους Silva et al. (2003) ή >0,5 σύμφωνα με τον Bull (2007)) δείχνουν να έχουν φτάσει στο βασικό επίπεδο της διάβρωσης, σε περιοχές σχετικής σταθερότητας του βασικού επιπέδου ή τεκτονικής ηρεμίας. Πρόκειται λοιπόν για ένα δείκτη που χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό τεκτονικά ενεργών μετώπων (Silva et al., 2003; Pedrera et al., 2009; Michail & Chatzipetros, 2013; κα).

Ο δείκτης Vf υπολογίζεται σε μια σταθερή απόσταση από τις εκβολές, για παράδειγμα 1000 μ ανάντη του ορεογραφικού μετώπου (Bull, 2007) ή και σε μικρότερη απόσταση όπως τα 250 μ (Silva et al., 2003), επειδή απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα έως ότου η δράση των διεργασιών διαμόρφωσης κοιλάδων μορφής V να επεκταθούν σε μεγάλη απόσταση ανάντη στο τέμαχος που ανυψώνεται (Φουντούλης κ.ά., 2007). Ο δείκτης στην παρούσα διατριβή υπολογίστηκε με βάση τα υψόμετρα που προήλθαν από τα προφίλ που σχεδιάστηκαν από το λεπτομερές ΨΜΕ (5*5 μ), και συγκεκριμένα από τις ισοϋψείς των 4 μ που προέκυψαν από αυτό, σε απόσταση 500-1000 μ από το μέτωπο για τις μικρότερες σε μέγεθος λεκάνες απορροής και σε απόσταση 1000-1500 μ από το μέτωπο για τις μεγαλύτερου μεγέθους λεκάνες. Αναλυτικά οι τομές των ζωνών Γρεγολίμανου-Τελέθριου και Κανδηλίου σχεδιάστηκαν με διεύθυνση από Β-ΒΔ προς Ν-ΝΑ, ενώ εκείνες των ζωνών Δίρφυος και στενού Ωρεών σχεδιάστηκαν με διεύθυνση ΒΔ προς ΝΑ για την πρώτη και Δ προς Α για τη δεύτερη. Στο τελευταίο στάδιο οι τιμές του λόγου κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις τάξεις ήτοι: τάξη 1 (Vf≤0,88), τάξη 2 (0,88<Vf<3,1) και τάξη 3 (Vf>3,1) σύμφωνα με τη μέθοδο φυσικών διακοπών.



Σχήμα 6.7. Διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) κοιτώντας κατάντη (τροποποιημένο από Keller & Pinter, 2002).

6.2.2.5 Υψομετρική καμπύλη και υψομετρικό ολοκλήρωμα (Hi)

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα (H_i) έχει ήδη περιγραφεί παραπάνω στην παράγραφο 4.2.2.2(vii) και υπολογίζεται από την αντίστοιχη εξίσωση που φαίνεται στον πίνακα 4.4.

Οι υψομετρικές καμπύλες που σχεδιάστηκαν για το σύνολο των λεκανών απορροής και απεικονίζονται στο σχήμα Π. 8, στο παρόν κεφάλαιο επανασχεδιάστηκαν μόνο για τις υπό μελέτη λεκάνες απορροής συγκεντρωτικά για κάθε ζώνη στο σχήμα 6.22, ενώ οι τιμές της παραμέτρου ταξινομήθηκαν με βάση τη μέθοδο φυσικών διακοπών σε τρεις κατηγορίες. Επιπλέον, με βάση τις ανωτέρω υπολογισμένες τιμές του δείκτη, κατασκευάστηκαν οι χάρτες ισοκατανομής του, για το σύνολο των λεκανών των υπό μελέτη ζωνών για κάθε ζώνη χωριστά, με την εφαρμογή μιας βασικής τεχνικής τοπικής γειτονίας που είναι η στάθμιση αντίστροφης απόστασης (IDW) (έχει περιγραφεί αναλυτικά στην παράγραφο 6.2.2.3).

Στο παρόν κεφάλαιο υπολογίζονται επίσης η λοξότητα και η κυρτότητα των υψομετρικών καμπυλών, δύο στατιστικά μεγέθη τα οποία όταν εφαρμόζονται στην κατανομή της υψομετρικής καμπύλης, μπορούν να ερμηνευτούν σε όρους διάβρωσης λεκάνης απορροής (Harlin, 1978; Luo, 2000). Η λοξότητα αντιπροσωπεύει την οπισθοδρομούσα διάβρωση στο υψηλότερο σημείο της λεκάνης, ενώ η κυρτότητα τη διάβρωση, τόσο στο ανώτερο όσο και στο κατώτερο σημείο της λεκάνης απορροής. Και τα δύο αυτά μεγέθη χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να χαρακτηρίσουν την υψομετρική καμπύλη καθώς και για να ποσοτικοποιήσουν αλλαγές στη μορφολογία της, κυρίως σε λεκάνες των οποίων οι τιμές του ολοκληρώματος είναι παρόμοιες (Pérez-Peña et al., 2009a,b).

6.2.2.6 Δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs)

Ο δείκτης σχήματος λεκάνης έχει ήδη αναλυθεί στην παράγραφο 4.2.2.2(iv) του προηγούμενου κεφαλαίου. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ταξινόμηση εκ νέου μόνο για τις υπό μελέτη λεκάνες σύμφωνα με τη μέθοδο φυσικών διακοπών, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για τον υπολογισμό των σύνθετων δεικτών. Με βάση τις τιμές του δείκτη σχήματος των λεκανών απορροής, κατασκευάστηκαν οι χάρτες ισοκατανομής των τιμών, για κάθε ζώνη

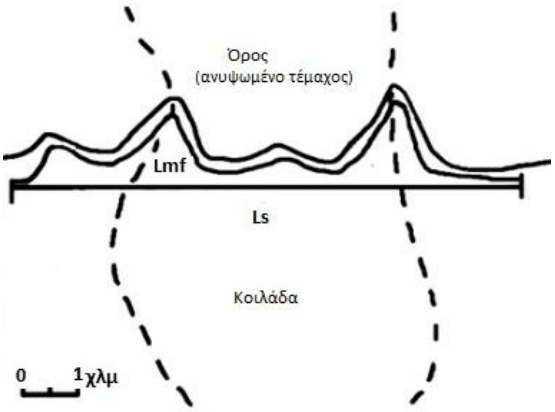
χωριστά, με την αξιοποίηση της βασικής τεχνικής τοπικής γειτονίας που είναι η στάθμιση αντίστροφης απόστασης (IDW) (έχει περιγραφεί αναλυτικά στην παράγραφο 6.2.2.3).

6.2.2.7 Δαντέλωση στους πρόποδες των ορεινών όγκων ή δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf)

Ο δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου είναι ένας δείκτης που ποσοτικοποιεί τη σχέση μεταξύ των διεργασιών διάβρωσης και των τεκτονικών διεργασιών. Ισούται με το βαθμό τροποποίησης της ευθείας σε καμπύλη λόγω διάβρωσης. Ο δείκτης αυτός φανερώνει την ισορροπία μεταξύ της τάσης των ρεμάτων και των διεργασιών κλιτύος να δημιουργήσουν μια δαντέλωση στους πρόποδες των ορεινών όγκων και των κάθετων ενεργών τεκτονικών δυνάμεων που τείνουν να δημιουργήσουν ένα ευθύγραμμο μέτωπο. Αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού, σύμφωνα με τους Bull & McFadden (1977) που πρώτοι πρότειναν αυτόν το δείκτη, φαίνεται στο σχήμα 6.8 και η μαθηματική σχέση της εκτίμησής του είναι:

Smf=Lmf/Ls, όπου Lmf είναι το μήκος στους πρόποδες ακολουθώντας συγκεκριμένες ισοϋψείς και Ls είναι το μήκος της ευθείας γραμμής που ενώνει τα όρια του μήκους του ορεογραφικού μετώπου.

Χαμηλές τιμές του δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (μεταξύ 1,0 και 1,6) αντιστοιχούν σε ευθείς πρόποδες που δημιουργήθηκαν από ρήγματα με ενεργό δραστηριότητα και ανύψωση, ενώ όσο η τιμή μεγαλώνει, η ανύψωση μειώνεται και οι διεργασίες διάβρωσης δημιουργούν μια πιο ανώμαλη όψη στους πρόποδες (διαβρωμένο ρηξιγενές μέτωπο) (Keller & Pinter, 2002). Τιμές μεταξύ 1,4 και 3,0 φανερώνουν επίσης ενεργό τεκτονική αλλά ηπιότερης δραστηριότητας, ενώ τιμές μεταξύ 1,8 και πάνω από 5,0 αντιστοιχούν σε μη ενεργό μέτωπο.



Σχήμα 6.8. Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf) (τροποποιημένο από Keller & Pinter, 2002).

Ο εν λόγω δείκτης μετριέται εύκολα από αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, τοπογραφικούς χάρτες ή από ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Πρώτα χαράσσονται τα ορεογραφικά μέτωπα, μια ενέργεια που κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική, και ακολούθως υπολογίζεται ο δείκτης. Τα ορεογραφικά μέτωπα μπορούν να υπολογιστούν ως ένα τμήμα χωρισμένο σε μικρότερα ίδιου μήκους ή σαν πολλά συνεχόμενα μέτωπα διαφορετικών μηκών (Wells et al., 1988; Silva et al., 2003). Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκε η τελευταία προσέγγιση καθώς κρίθηκε πιο κατάλληλη, ενώ για το διαχωρισμό των μετώπων εφαρμόστηκαν κριτήρια όπως αυτά έχουν τεθεί από τους Wells et al. (1988). Τα κριτήρια αυτά συνοπτικά αφορούν την κάθετη τομή των μετώπων από τα υδρογραφικά δίκτυα, απότομες αλλαγές του προσανατολισμού του μετώπου, απότομες αλλαγές στη λιθολογία και απότομες αλλαγές στα κύρια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά (π.χ. κλίση, ανάγλυφο κτλ.) σε σχέση με τα γειτονικά μέτωπα.

6.2.3 Σύνθετοι δείκτες που έχουν προταθεί παγκοσμίως

Αν και οι μορφοτεκτονικοί δείκτες είναι πολύ χρήσιμοι στην αναγνώριση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών μιας περιοχής, όπως είναι για παράδειγμα το εντοπισμός του τεκτονικού καθεστώτος που αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, ο συνδυασμός περισσότερων του ενός δεικτών παρέχει πολύ πιο ουσιαστικά αποτελέσματα (Keller & Pinter, 2002) ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που τα αποτελέσματα των μεμονωμένων δεικτών είναι αντιφατικά. Πρώτοι οι Bull & McFadden (1977) ταξινόμησαν την περιοχή του ρήγματος Γκάρλοκ στη νότια Καλιφόρνια σε κατηγορίες τεκτονικής δραστηριότητας χρησιμοποιώντας τους δείκτες Vf, Smf, Bs, την κλίση

των κλιτύων και χαρακτηριστικά των αλλουβιακών ριπιδίων. Αργότερα οι McKeown et al. (1988), σε μία προσπάθεια εντοπισμού γεωμορφολογικών αποδείξεων γεωλογικά πρόσφατων τοπικών ή περιφερειακών τεκτονικών παραμορφώσεων που να συσχετίζονταν πιθανά με μία σεισμική δραστηριότητα που λαμβανε χώρα στην ορεινή περιοχή Οζάρκ του Αρκάνσας, σύγκριναν ποτάμια προφίλ, τιμές του δείκτη SL και τη λιθολογία της περιοχής και συνέταξαν μία παρόμοια ταξινόμηση. Αργότερα, αρκετοί ερευνητές (ορισμένοι από τους νεότερους με έρευνες μετά το 2003, φαίνονται στον πίνακα 6.1), για να ξεπεράσουν πιθανές αβεβαιότητες των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή μεμονωμένων δεικτών και παραμέτρων, επιχείρησαν να συνδυάσουν δύο ή περισσότερους δείκτες ώστε να εξαχθούν ημι-ποσοτικές πληροφορίες αναφορικά με τη σχετική τεκτονική δραστηριότητα συγκεκριμένων περιοχών (π.χ. Ισπανία, Ελλάδα κ.ά.). Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους στις περισσότερες των περιπτώσεων έχουν επιβεβαιωθεί από επιτόπιες παρατηρήσεις. Ακολούθως άλλοι συνδύασαν τις μορφομετρικές παραμέτρους δημιουργώντας νέους σύνθετους δείκτες από τους αριθμητικούς μέσους (El Hamdouni et al., 2008; Mahmood & Gloaguen, 2012) ενώ άλλοι όπως οι Alipoor et al. (2011) χρησιμοποιήσαν αντί του αριθμητικού μέσου την απλή αναλυτική ιεράρχηση. Οι τελευταίοι υποστηρίζουν πως η μέθοδός τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού, δηλαδή και σε περιοχές εκτός της οροσειράς Ζάγκρος όπου την εφάρμοσαν, σε αντίθεση με τις μεθόδους των υπολοίοπων ερευνητών που χρησιμοποιούν κριτήρια για ταξινόμηση τα οποία δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε περιοχές εκτός της περιοχής μελέτης εφαρμογής του εκάστοτε σύνθετου δείκτη.

Στην παρούσα διατριβή, αφού υπολογίστηκαν συγκεκριμένοι μορφομετρικοί δείκτες και ταξινομήθηκαν με βάση τις φυσικές ομάδες στην κατανομή των δεδομένων (μέθοδος φυσικών διακοπών) (Πίνακας 6.4) σε τρεις (3) τάξεις, διερευνήθηκε ο ρόλος που παίζει καθένας στην αναγνώριση του τεκτονικού καθεστώτος της περιοχής. Στη συνέχεια, επιλεγμένοι δείκτες αθροίστηκαν με ίση βαρύτητα, υπολογίστηκε ο αριθμητικός μέσος όρος τους και επανα-ταξινομήθηκαν σε τέσσερις (4) κατηγορίες (τάξη 1 αντιστοιχεί σε υψηλή τεκτονική δραστηριότητα και η τάξη 4 σε χαμηλή), σύμφωνα με τη μεθοδολογία που έχει προταθεί από τους El Hamdouni et al. (2008) οι οποίοι εφαρμόζουν έναν σύνθετο δείκτη που αποτελεί τον αριθμητικό μέσο των επιμέρους δεικτών που χρησιμοποιούν. Οι επιμέρους παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση των σύνθετων δεικτών (συνολικά: δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος, δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου, δείκτης

ασυμμετρίας, υψομετρικό ολοκλήρωμα, δείκτης μήκους-κλίσης ρέματος, δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής και συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής ασυμμετρίας) συνδυάζονται με διαφορετικό τρόπο από διάφορες ερευνητικές ομάδες, όπως φαίνεται στον πίνακα 6.2. Η επιλογή των δεικτών που χρησιμοποιούνται στηρίζεται στις έρευνες των El Hamdouni et al. (2008), των Sboras et al. (2010), των Toudeshki & Arian (2011), και των Jayappa et al. (2012) (οι οποίοι έχουν εφαρμόσει τους συγκεκριμένους συνδυασμούς δεικτών στην ανάλυσή τους στις περιοχές της νότιας Ισπανίας, της Στερεάς Ελλάδας, του ΒΔ Ιράν και της Ινδίας αντίστοιχα), ώστε τελικά να υπολογιστούν τελικά τέσσερις (4) σύνθετοι δείκτες που εφαρμόστηκαν στην περιοχή μελέτης (Πίνακας Π. 9). Ο μέσος όρος των δεικτών αυτών δίνει στοιχεία για κάθε μία λεκάνη απορροής των ζωνών, οι τιμές επανα-ταξινομούνται σε τέσσερις (4) τάξεις και έτσι εντοπίζονται λεκάνες απορροής που χαρακτηρίζονται από σχετική πολύ υψηλή ενεργό τεκτονική σε σχέση με το σύνολο. Ακολουθεί η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δεικτών αυτών ανά ζώνη (με βάση τις ανωτέρω υπολογισμένες τιμές του δείκτη σχήματος των λεκανών απορροής. Ακολούθως κατασκευάστηκαν οι χάρτες ισοκατανομής των τιμών, για κάθε ζώνη χωριστά, με τη χρήση της στάθμισης αντίστροφης απόστασης (IDW) η οποία έχει περιγραφεί αναλυτικά στην παράγραφο 6.2.2.3) για να φανούν οι διαφοροποιήσεις τους στην περιοχή μελέτης. Τέλος συγκρίνεται ο μέσος όρος των σύνθετων δεικτών για κάθε ζώνη, όπως προκύπτει από το μέσο όρο των ταξινομημένων τιμών των λεκανών απορροής κάθε ζώνης. Από την τελευταία προκύπτουν στοιχεία που αφορούν τη σχετική τεκτονική δραστηριότητα της κάθε ζώνης.

Μετά τον υπολογισμό των δεικτών έγινε σύγκριση με τις υπαίθριες γεωμορφολογικές παρατηρήσεις (για παράδειγμα χαρτογράφηση βαθιών κοιλάδων, κατολισθήσεων, αλλαγών στη ροή των ποταμών, ενδείξεων τεκτονικής ανύψωσης και άλλα) και άλλες βιβλιογραφικές αναφορές ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας της περιοχής για να γίνει η επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων της ποσοτικής γεωμορφολογικής ανάλυσης. Επιπλέον τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με αυτά του δείκτη SL ο οποίος έχει σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιηθεί μεμονωμένα, όπως για παράδειγμα στα Απέννινα όρη στην επαρχία Μάρκε της κεντρικής Ιταλίας από τους Troiani & Della Seta (2008), στην πολιτεία Περναμπούκο της ΒΑ Βραζιλίας από τους Monteiro et al. (2010).

Πίνακας 6.1. Συνδυασμοί μορφομετρικών δεικτών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας από ερευνητές παγκοσμίως και στον Ελληνικό χώρο (για ονόματα δεικτών βλέπε ακρωνύμια και συντομογραφίες στη σελίδα 21).

				Δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν																				
	Αναφορά	Έτος	Περιοχή μελέτης	Vf	Smf	Af	Hi	SL	T	Bs	Rc	Rb	D	Sb	Rh	M	Slk	H_c	FD	F%	Επιμήκη προφίλ	Μέση κλίση τριγωνικών μορφών	Παράμετροι επιμήκων προφίλ*	Τοπογραφικά προφίλ αλλουβιακών ριτιδίων
1	Silva et al.	2003	Southeast Spain	■	■																			
2	Zovoili et al.	2004	Kompotades and Nea Anchialos faults (Greece)	■	■			■																
3	Verrios et al.	2004	Eliki fault zone, Gulf of Corinth (Greece)	■	■			■	■															
4	Tsimi et al.	2007	Western Corinth Rift (central Greece)	■		■	■															■		
5	Tsimi et al.	2007	Sfakia normal fault, South-Western Crete (Greece)	■	■	■	■															■		
6	Vassilakis et al.	2007	SE coastal area of the Gulf of Corinth (Greece)																				■	
7	Φουντούλης κ.α.	2007	Κεντροδυτική Πελοπόννησος, (Ελλάδα)	■	■																		■	
8	El-Hamdouni et al.	2008	Sierra Nevada (southern Spain)	■	■	■	■	■		■														
9	Tsodoulos et al	2008	Beotia (Central Greece)	■	■	■		■		■														
10	Pedrera et al.	2009	Eastern Betic Cordillera (Spain)	■													■	■						■
11	Sboras et al.	2010	Beotia (Central Greece)	■	■	■	■		■															
12	Pérez-Peña et al.	2010	Sierra Nevada, Betic Cordillera (SE Spain)	■	■	■												■			■			
13	Dehbozorgi et al.	2010	Sarvestan area, central Zagros (Iran)	■	■	■	■	■		■														
14	Alipoor et al.	2011	High Zagros Belt (SW of Iran)	■		■	■	■	■															
15	Toudeshki and Arian	2011	Ghezel Ozan River Basin (NW Iran)	■	■			■	■	■														
16	Sarp et al.	2011	Yenicaga basin area (Turkey)	■	■	■	■	■																
17	Jayappa et al.	2012	Western Ghats (India)	■		■	■	■		■														
18	Mahmood and Gloaguen	2012	Hindu Kush (NW Pakistan and NE Afghanistan)	■	■	■	■	■		■										■				
19	Michail and Chatzipetros	2013	Sperchios basin Fthiotis (Central Greece)	■	■	■			■															
20	Kokinou et al.	2013	Heraklion Basin (Crete Greece)	■	■																			
21	Arian and Aram	2014	Kermanshah area (Western Iran)	■	■	■	■	■		■														
22	Matos et al.	2014	Mt. Medvednica (NW Croatia)			■	■											■					■	
23	Dar et al.	2014	Karewa Basin of Kashmir Valley (Northwest India)		■	■		■			■	■	■											
24	Fountoulis et al.	2015	NW Peloponnese (Greece)		■	■														■	■		■	
25	Matos et al.	2016	Bilogora Mt. Area (NE Croatia)			■	■											■					■	
26	Eynoddin et al.	2017	Bozgoush Basin, SW of Caspian Sea (NW of Iran)	■	■	■	■	■	■	■														
27	Koukouvelas et al.	2017	Kenchreai fault, Gulf of Corinth (Greece)	■	■	■	■	■		■														
28	Zygouri et al.	2018	Corinth graben (Greece)	■		■		■		■														
29	Valkanou et al.	2020	Evia Island (Greece)			■	■							■	■	■								

** (SI, Cf, Cmax, Δl/L, Ksn, ϑ & ks)*

Πίνακας 6.2. Μελέτες στις οποίες στηρίχθηκε η εφαρμογή των τεσσάρων (4) σύνθετων δεικτών και οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη.

			Vf	Smf	Af	Hi	SL	Bs	T
(1) El-Hamdouni et al.	2008	Sierra Nevada Southern Spain							
(2) Toudeshki and Arian	2011	Ghezel Ozan River Basin NW Iran							
(3) Sboras et al.	2010	Beotia Central Greece							
(4) Jayappa et al.	2012	Western Ghats, India							

6.3 Αποτελέσματα

Παρακάτω αναλύονται τα αποτελέσματα της μελέτης των επιμήκων τομών (προφίλ) των κεντρικών κοιτών των υδρογραφικών δικτύων, οι τιμές των μορφομετρικών παραμέτρων και η χωρική κατανομή τους. Γίνεται ομαδοποίηση περιοχών που έχουν παρόμοια διακύμανση τιμών και από τη σύγκριση των τιμών των δεικτών εντοπίζονται ανωμαλίες που σχετίζονται με την παρουσία ρηξιγενών δομών και ενεργών μετώπων. Τέλος εκτιμάται ο βαθμός σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας ανά λεκάνη απορροής και ανά ζώνη.

6.3.1 Ανάλυση επιμήκων τομών (προφίλ) των κεντρικών κοιτών των υδρογραφικών δικτύων

Η μελέτη των επιμήκων τομών (προφίλ) των ποταμών οδηγεί στην αποσαφήνιση του ρόλου της τεκτονικής δραστηριότητας στην επιτάχυνση της διάβρωσης κατά μήκος των κοιτών των ποταμών και της εξέλιξης του αναγλύφου, σε περιοχές όπου οι κλιματικές συνθήκες αλλά και η λιθολογία είναι ίδιες ή παρόμοιες. Στις παρακάτω τέσσερις (4) γεωγραφικές ζώνες όπου αναλύονται οι επιμήκεις τομές των ποταμών, οι κλιματικές συνθήκες είναι ίδιες. Όσον αφορά τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών στους οποίους ρέουν τα ποτάμια παρατηρείται πως αυτοί που απαντώνται στις αντίστοιχες λεκάνες απορροής είναι κυρίως μέτριας έως υψηλής ανθεκτικότητας στη διάβρωση σχηματισμοί (ομάδες 3 και 4) με εξαίρεση τη ζώνη στενού Ωρεών όπου κυριαρχούν ευδιάβρωτοι σχηματισμοί και πρόσφατες χαλαρές αποθέσεις (ομάδες 1 και 2).

Από τη σύγκριση ανά ζώνες των κανονικοποιημένων επιμήκων προφίλ του σχήματος 6.9 παρατηρείται πως γενικά οι τομές στο σύνολό τους παρουσιάζουν ποικιλία σε καμπυλότητες

και σε κλίσεις. Στην πλειονότητά τους έχουν μια ακανόνιστη κοίλη μορφή με μεμονωμένες περιπτώσεις ποταμών με κυρτής μορφής επιμήκεις τομές να εμφανίζονται στις ζώνες Δίρφυος και Γρεγολίμανου-Τελέθριου. Στις τομές των ποταμών των ρηξιγενών αυτών ζωνών είναι χαρακτηριστική η παρουσία μεγάλου αριθμού σημείων κάμψης. Ο ρυθμός ανύψωσης στις περισσότερες περιπτώσεις ξεπερνά το ρυθμό διάβρωσης και έτσι δε δημιουργείται σχεδόν ποτέ προφίλ ισορροπίας. Εξαίρεση αποτελούν οι επιμήκεις τομές των ποτάμιων κλάδων που αποστραγγίζουν τη ζώνη στενού Ωρεών οι οποίες είναι ομαλές κοίλες, μια μορφή που είναι πιθανό να σχετίζεται με τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών πάνω στους οποίους ρέουν τα ποτάμια και οι οποίες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι ευδιάβρωτες που δεν ευνοούν τη διατήρηση σημείων κάμψης αλλά αντιθέτως επιτρέπουν τη δημιουργία ομαλών κλίσεων. Αυτή η κοίλη μορφή των προφίλ φανερώνει επίσης μια σαφή μείωση στη μορφολογική κλίση του ποταμού κατάντη.

Συγκρίνοντας ακολούθως τις τιμές του δείκτη καμπυλότητας Sci των κεντρικών ποταμών όλων των δικτύων (Σχήμα 6.10 και πίνακας 6.4) φαίνεται πως υπάρχουν ποτάμια που παρουσιάζουν τιμές χαμηλότερες του μηδέν (0) και οι οποίες ανήκουν στις ζώνες Γρεγολίμανου-Τελέθριου (No 39, 40) και Δίρφυος (No81,82,83 και No115). Τα δίκτυα αυτά με δεδομένο πως ανήκουν σε θέσεις με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες και λιθολογία (από τη σύγκριση έχουν εξαιρεθεί τα δίκτυα που ανήκουν στη ζώνη στενού Ωρεών) είναι πιθανό να χαρακτηρίζουν θέσεις υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας και παραμόρφωσης. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί η θετική σχέση της κυρτής μορφής της επιμήκους τομής με το ρυθμό ανύψωσης, που σημαίνει πως ποταμοί σε ζώνες με υψηλούς ρυθμούς ανύψωσης παρουσιάζουν καθαρά κυρτής μορφής προφίλ. Ο υψηλός ρυθμός ανύψωσης σχετίζεται με αρνητικό δείκτη Sci (Sougnez & Vanacker, 2011). Αναφορικά με το ποσοστό διάβρωσης, που φαίνεται μέσω της τιμής της παραμέτρου Er στον πίνακα 6.4, αυτό είναι γενικά πολύ μικρό, για τα ποτάμια των ζωνών Δίρφυος, Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου (περίπου 9,5%, 9% και 3,5% αντίστοιχα), ενώ γι' αυτά της ζώνης στενού Ωρεών ο μέσος όρος είναι μεγαλύτερος, περίπου 22% (φαίνεται πως και αυτή η παράμετρος σχετίζεται με τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών της συγκεκριμένης ζώνης).

Στις επιμήκεις τομές (προφίλ) της κεντρικής κοίτης των υδρογραφικών δικτύων, που φαίνονται αναλυτικά στο σχήμα Π. 11 και περιγράφονται ανά ζώνη παρακάτω, εντοπίστηκαν περισσότερα από 100 σημεία κάμψης τα οποία σημειώνουν (δείχνουν) ουσιαστικά το όριο

μεταξύ σταθερής κατάστασης και προσαρμογής του τοπίου. Σε λίγες περιπτώσεις (λιγότερες από 10) τα σημεία κάμψης σχετίζονται με αλλαγές στη λιθολογία. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί στη διαπίστωση ότι τα σημεία κάμψης (οι μεταβολές στη μορφολογική κλίσης των κεντρικών κοιτών των ποταμών) στην περιοχή είναι κυρίως αποτέλεσμα της μορφολογικής απόκρισης των ποταμών στην τεκτονική ανύψωση από τη δραστηριοποίηση των ρηγμάτων. Από τα υπόλοιπα σημεία τα περισσότερα προκύπτουν από το ρηξιγενή ιστό της περιοχής μελέτης (αφού ταυτίζονται με ρήγματα της περιοχής) ενώ ορισμένα μελετώνται στην παράγραφο 6.3.2.3 παράλληλα με το δείκτη μήκους – κλίσης ρέματος ως «νέα σημεία κάμψης» προκειμένου να εντοπιστούν οι αιτίες που τα δημιούργησαν.

(i) Ζώνη Δίρφυος

Στη ζώνη Δίρφυος υπάρχει μεγάλη διακύμανση, μεταξύ των επιμήκων τομών των ποταμών. Απαντώνται τόσο ποτάμιοι κλάδοι με κοίλα, όσο και κυρτά προφίλ με τιμές δείκτη καμπυλότητας Sci από πολύ μεγάλες έως πολύ μικρές. Τα πιο σχετικά απλά κοίλα προφίλ εντοπίζονται στα δίκτυα των λεκανών No86, 88, 89, 96, 97, 98 και No117 έως 125 στα οποία τα σημεία κάμψης αντιστοιχούν στα ρήγματα που τέμνουν εγκάρσια ή σχεδόν εγκάρσια τις κοίτες τους. Από αυτά, στις λεκάνες No118, 122 και 123 η εμφάνιση παλαιών κώνων κορημάτων ηλικίας Τεταρτογενούς στους ασβεστόλιθους της περιοχής δημιουργεί τρία (3) σημαντικά σημεία κάμψης στα υψόμετρα 150 μ, 200 μ και 300 μ αντίστοιχα. Άλλα σημεία κάμψης που εντοπίστηκαν αλλά δε συσχετίστηκαν με λιθολογική αλλαγή ή με ήδη καταγεγραμμένο ρήγμα βρίσκονται στις λεκάνες No89 και No97 σε υψόμετρο 220 μ, στη No98 σε υψόμετρο 500 μ και 60 μ, στην No117 σε υψόμετρο 760 μ και 120 μ, στη λεκάνη No122 στο υψόμετρο 840 μ και στη λεκάνη απορροής No123 σε υψόμετρο 40 μ. Από τα υπόλοιπα ποτάμια της ζώνης Δίρφυος (No80, 81, 82, 83, 87, 95, 101, 102 και 115), των οποίων οι επιμήκεις τομές διαφέρουν πολύ από τα προφίλ ισορροπίας, παρατηρούνται χαμηλές τιμές του δείκτη καμπυλότητας σε αρκετά ενώ σε άλλα παρατηρούνται έντονες εναλλαγές μεταξύ κοίλου και κυρτού προφίλ. Τα δίκτυα των λεκανών απορροής No81 και 83 εμφανίζουν, εκτός των υπολοίπων σημείων κάμψης που έχουν συσχετιστεί με ρήγματα ή με λιθολογικές αλλαγές, σημεία κάμψης στα υψόμετρα 460 μ και 780 μ αντίστοιχα, τα οποία αλλάζουν την κλίση και ακολουθούνται από σχεδόν ευθύγραμμα τμήματα που αντιστοιχούν σε επιφάνειες χαμηλού αναγλύφου (δες και αποτελέσματα δείκτη SL στην παράγραφο 6.3.2.3). Το προφίλ του κεντρικού ποταμού του δικτύου No87 παρουσιάζει ένα σημείο κάμψης σε υψόμετρο 540 μ, ενώ τα ποτάμια των

δικτύων Νο101 και 102 αν και μέχρι τα υψόμετρα 760 μ και 840 μ έχουν ομαλό προφίλ, ακολούθως η κλίση αλλάζει και γίνονται και τα δύο έντονα κοίλα με μεγάλο ποσοστό διάβρωσης, Τα σημεία αλλαγής κλίσης δεν έχουν συσχετιστεί με κάποιο από τα ρήγματα της περιοχής.

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

Σε ό,τι αφορά τα ποτάμια της ζώνης Κανδηλίου, αν και οι επιμήκεις τομές των κεντρικών τους κοιτών έχουν κοίλη μορφή και θετικό δείκτη καμπυλότητας που γενικά σχετίζονται με πιο σταθερές τεκτονικά συνθήκες, παρουσιάζουν αρκετά σημεία κάμψης που αλλάζουν την κλίση της κοίτης εκατέρωθεν αυτών, ενώ ορισμένα αντιστοιχούν σε κατακόρυφη μετατόπιση. Στις λεκάνες Νο70 και 75, δύο από αυτά τα σημεία οφείλονται σε λιθολογικά αίτια καθώς αναπτύσσονται στην επαφή των ασβεστολιθικών σχηματισμών με το φλύσχη και τις λιμναίες αποθέσεις. Στη λεκάνη Νο65, που είναι η βορειότερη της ζώνης, ένα ρήγμα παράλληλο στην κοίτη ομαλοποιεί το προφίλ τουλάχιστον έως το υψόμετρο των 280 μ, όπου ένα κάθετο ρήγμα προκαλεί αλλαγή στην κλίση της κοίτης κάνοντας το κατάντη αυτού του σημείου επίμηκες προφίλ απότομο. Στο υψόμετρο των 100 μ άλλο ένα σημείο κάμψης είναι πιθανό να υποδηλώνει την ύπαρξη ρήγματος αφού η λιθολογία των σχηματισμών πάνω στους οποίου αναπτύσσεται το ποτάμι είναι ενιαία (ασβεστόλιθοι). Ακολούθως αν και ο κεντρικός κλάδος του δικτύου της λεκάνης Νο67 δεν τέμνεται από κάποιο ρήγμα και ρέει αποκλειστικά σε σχηματισμούς οφιολίθων, παρουσιάζει δύο τουλάχιστον σημεία κάμψης. Το πρώτο εντοπίζεται σε υψόμετρο 340 μ και το δεύτερο στα 200 μ.

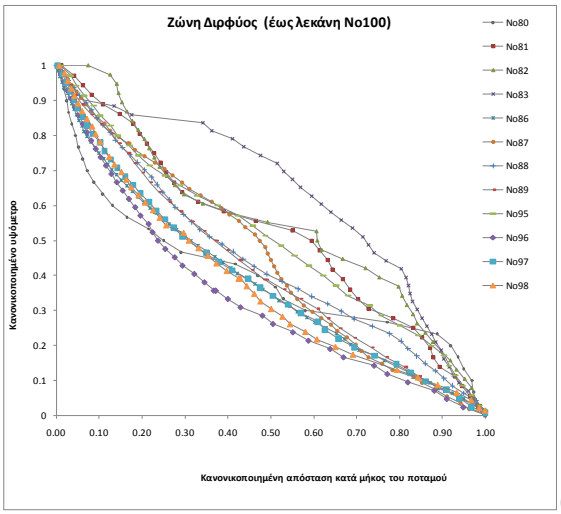
(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

Οι επιμήκεις τομές των κεντρικών ποτάμιων κλάδων των δικτύων που αποστραγγίζουν τη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, απέχουν αρκετά από την ισορροπία με πολύ χαμηλό έως αρνητικό δείκτη καμπυλότητας. Έχουν δηλαδή πολλά κυρτά τμήματα κατά μήκος των προφίλ και αρκετά σημεία κάμψης τα οποία σε δύο μόνο περιπτώσεις σχετίζονται με λιθολογικές αλλαγές. Εξαίρεση αποτελούν οι ποταμοί των λεκανών απορροής Νο45 και Νο48 που βρίσκονται στο νοτιότερο τμήμα της ζώνης και έχουν διαμορφώσει ένα ομαλό κοίλο προφίλ. Στην επιμήκη τομή του κεντρικού κλάδου του δικτύου Νο25, η κοίτη τέμνεται δύο φορές από το ίδιο ρήγμα δημιουργώντας μια απότομη αλλαγή στην κλίση που στο υψόμετρο των 140 μ γίνεται πιο έντονη. Στο υψόμετρο των 280 μ παρατηρείται ένα κατακόρυφου βήματος σημείο

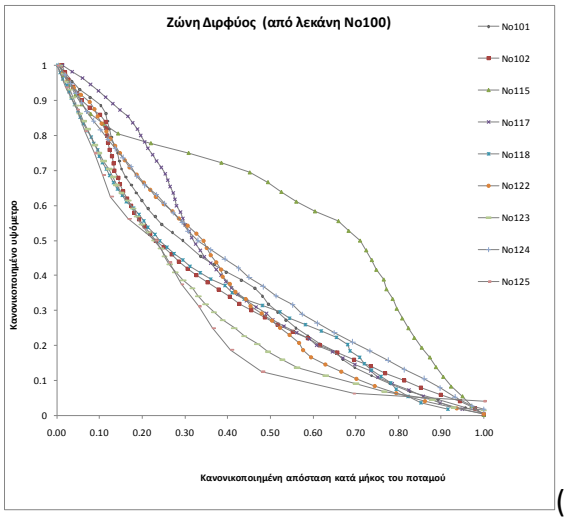
κάμψης που δε σχετίζεται με κάποιο ήδη χαρτογραφημένο ρήγμα ή με αλλαγή στη λιθολογία. Στο προφίλ του κεντρικού κλάδου του δικτύου Νο36, δύο ρήγματα που τέμνουν κάθετα την κοίτη, δεν έχουν επηρεάσει τη μορφή του προφίλ δημιουργώντας σημεία κάμψης αν και αυτό που τέμνει την κοίτη στα 240 μ είναι υψηλού επιπέδου διακινδύνευσης. Αντίθετα 320 μ περίπου ανάντη της εκβολής του ποταμού εντοπίζεται ένα σημείο αλλαγής κλίσης σε υψόμετρο 80 μ. Το επίμηκες προφίλ Νο39 έχει τη χαμηλότερη τιμή δείκτη καμπυλότητας Sci σε σύγκριση με τα υπόλοιπα προφίλ της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου, γεγονός που υποδεικνύει ότι η συγκεκριμένη περιοχή έχει υποστεί μεγαλύτερη τεκτονική ανύψωση. Στο υψόμετρο 280 μ δημιουργείται κατακόρυφου βήματος σημείο κάμψης η εμφάνιση του οποίου ευνοείται από την παρουσία ασβεστόλιθων, ενώ από τα δύο ρήγματα που τέμνουν κάθετα την κοίτη, μόνο το χαμηλότερο υψομετρικά επηρεάζει την κλίση του προφίλ της κοίτης. Στα υψόμετρα 140 μ και 80 μ εντοπίζονται δύο σημεία κάμψης σε θέσεις όπου δεν υπάρχουν ρήγματα ή ασυνέχειες βάσει του υπάρχοντος ρηξιγενούς ιστού. Η κεντρική κοίτη του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής Νο40 τέμνεται από δύο ρήγματα, στα υψόμετρα 760 μ και 360 μ αντίστοιχα, τα οποία όμως δεν τροποποιούν το προφίλ, ενώ αντίθετα στα 240 μ περίπου αλλάζει πολύ η κλίση του προφίλ (η παρουσία ασβεστόλιθου ευνοεί τη διατήρηση τέτοιων σημείων κάμψης). Στο υψόμετρο των 160 μ, περίπου 250 μ από τις εκβολές, εντοπίζεται σημείο κάμψης, η κλίση του προφίλ της κοίτης αλλάζει και γίνεται σχεδόν κατακόρυφη. Τα προφίλ των κεντρικών ποταμών των λεκανών απορροής Νο45 και Νο48, όπως ήδη αναφέρθηκε φαίνονται ομαλά χωρίς σημαντικές αλλαγές στην κλίση της κοίτης ή σημείων κάμψης παρόλο που τέμνονται από αρκετά ρήγματα.

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

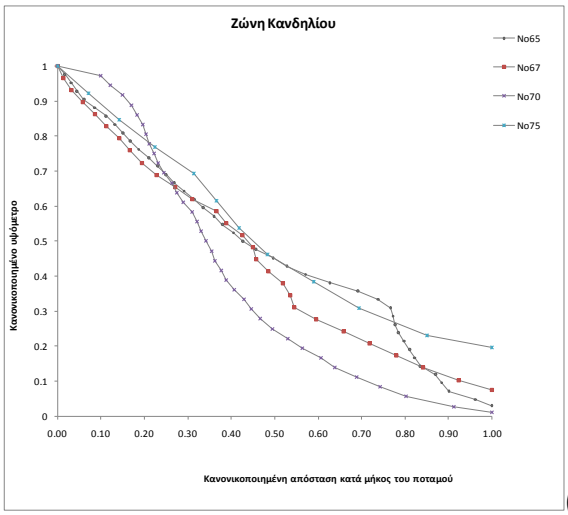
Στη ζώνη στενού Ωρεών παρατηρούνται τα πιο ομαλά κοίλα προφίλ με τις υψηλότερες θετικές τιμές δείκτη Sci της περιοχής μελέτης, οι οποίες γενικά σχετίζονται με πιο σταθερές συνθήκες. Παρόλο που οι κεντρικές κοίτες τέμνομαι από πολλαπλά ρήγματα, μεταξύ των οποίων κάποια χαρακτηρίζονται ως υψηλού και μετρίου επιπέδου διακινδύνευσης, τα προφίλ τους φαίνεται ότι δεν έχουν επηρεαστεί από αυτά. Οι μάργες της λεκάνης Ιστιαίας δεν ευνοούν τη διατήρηση στα προφίλ των ποταμών ενδείξεων της τεκτονικής επίδρασης και έτσι δεν παρατηρούνται σημεία κάμψης με εξαίρεση τον κεντρικό κλάδο της λεκάνης Νο180 στην οποία λιθολογικά επικρατούν εναλλαγές γνευσιοσχιστόλιθων με φυλλίτες και αργιλοαμμώδη.



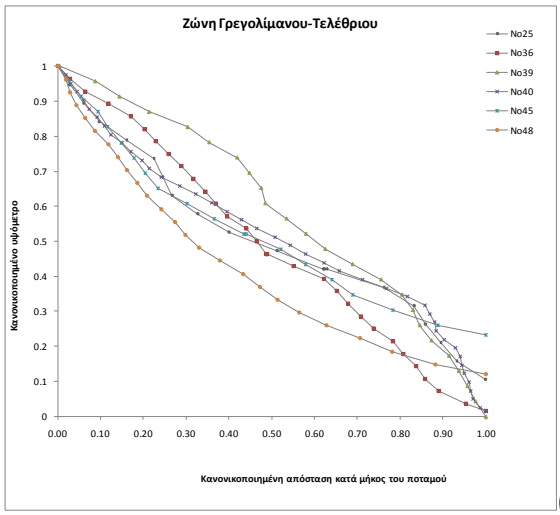
(α)



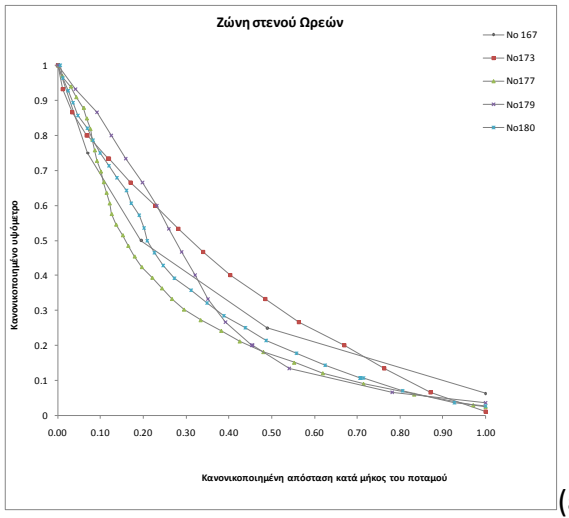
(β)



(γ)

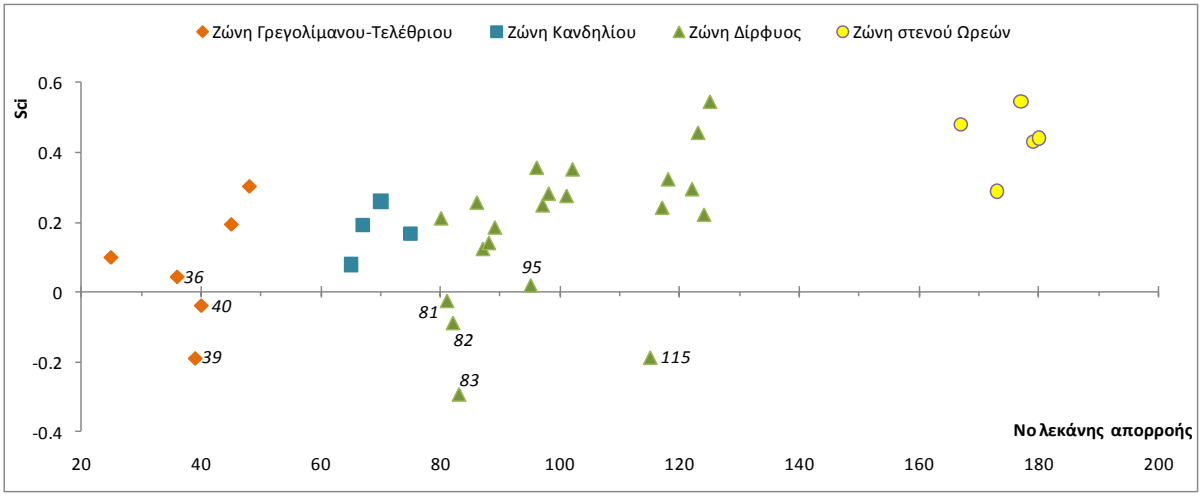


(δ)



(ε)

Σχήμα 6.9. Κανονικοποιημένα επιμήκη προφίλ των κεντρικών ποτάμιων κλάδων ανά ζώνη. (α) Ζώνη Δίρφυος έως την λεκάνη No100, (β) Υπόλοιπο ζώνης Δίρφυος, (γ) Ζώνη Κανδηλίου, (δ) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου και (ε) Ζώνη στενού Ωρεών.



Σχήμα 6.10. Σύγκριση τιμών δείκτη Sci για τις κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων των υπό μελέτη λεκανών απορροής κάθε ζώνης.

6.3.2 Αποτελέσματα εκτίμησης μορφοτεκτονικών δεικτών ανά ζώνη

6.3.2.1 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη ασυμμετρίας (Af)

Ο δείκτης ασυμμετρίας υπολογίστηκε για τις υπό μελέτη λεκάνες ώστε να ληφθούν τα πρώτα αποτελέσματα που αφορούν τη διεύθυνση της κλίσης τους. Οι τιμές της διαφοράς του δείκτη από τη φυσική τιμή 50 κυμαίνονται για το σύνολο των λεκανών από 1,44 έως 32,72 και ταξινομήθηκαν σε τρεις ομάδες όπως φαίνεται στον πίνακα 6.4. Όπως αναλύθηκε στη μεθοδολογία, για τιμές του δείκτη μεγαλύτερες του 50% υπάρχει κλίση αριστερά σε σχέση με τη διεύθυνση ροής του ποταμού και το αντίθετο για τιμές μικρότερες το 50%. Στους χάρτες χωρικής κατανομής των τιμών του δείκτη (Σχήμα 6.11 α-δ), για κάθε ζώνη, παρουσιάζεται ο σχετικός βαθμός κλίσης των λεκανών απορροής ως απόκλιση από τη φυσική τιμή 50 και η διεύθυνση κλίσης της κάθε λεκάνης σε σχέση με τη διεύθυνση ροής του κεντρικού ποτάμιου κλάδου. Τα αποτελέσματα του δείκτη για τις λεκάνες που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες αποκλίσεις είναι σύμφωνα με την ασύμμετρη θέση των κύριων κλάδων των ποταμών.

(i) Ζώνη Δίρφυος

Ο δείκτης ασυμμετρίας υπολογίστηκε για 21 λεκάνες απορροής της ζώνης και οι τιμές για τη ζώνη κυμαίνονται από 1,44 έως 32,72. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη ζώνη Δίρφυος παρατηρείται η μεγαλύτερη διακύμανση των τιμών του δείκτη αλλά και η μεγαλύτερη και

μικρότερη τιμή του δείκτη. Στο χάρτη χωρικής κατανομής των τιμών του δείκτη (Σχήμα 6.11α) φαίνεται πως οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της ζώνης. Αξιοσημείωτο είναι πως οι λεκάνες No86-89, No96-97 και No115-122 που κλίνουν αριστερά ως προς τη διεύθυνση ροής των κεντρικών ποταμών, περιβάλλονται από λεκάνες με αντίθετη κλίση, γεγονός που υποδεικνύει τεκτονικό έλεγχο της περιοχής ή αντιθετικές ρηξιγενείς δομές.

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

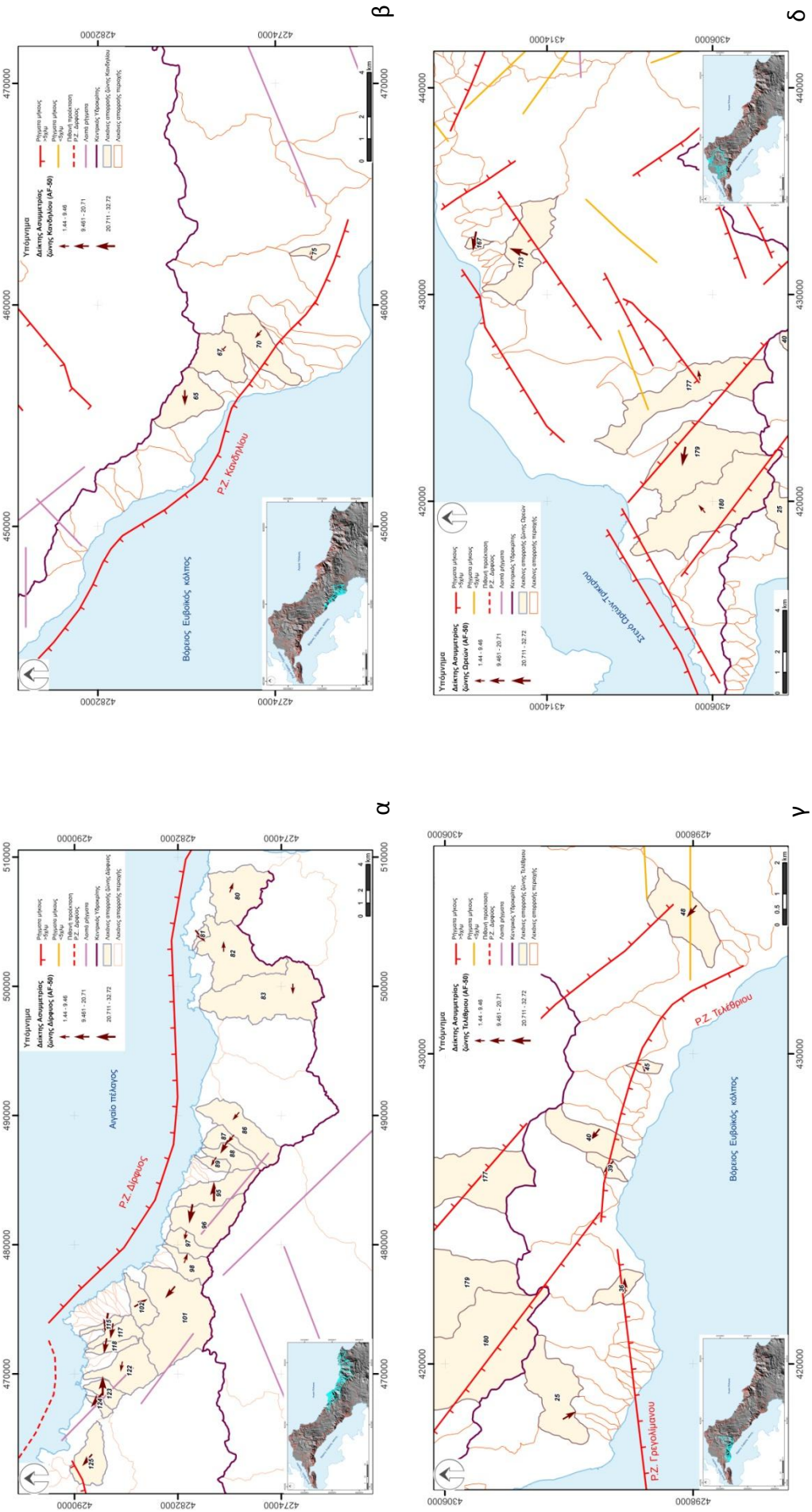
Ο δείκτης ασυμμετρίας υπολογίστηκε για 4 λεκάνες απορροής της ζώνης και οι τιμές για τη ζώνη κυμαίνονται από 4,92 έως 14,84. Στη ζώνη Κανδηλίου συνεπώς απαντώνται χαμηλές έως μέτριες τιμές του δείκτη Στο χάρτη χωρικής κατανομής του δείκτη (Σχήμα 6.11β) φαίνεται πως σημαντικά ασύμμετρες λεκάνες εντοπίζονται στο ΒΑ τμήμα της ζώνης ενώ οι λιγότερο ασύμμετρες λεκάνες καταλαμβάνουν την περιοχή της νότιας απόληξης του ρήγματος Κανδηλίου, όπου μάλιστα αλλάζει η φορά της κλίσης των λεκανών. Η τελευταία παρατήρηση, σχετικά με την αλλαγή της φοράς της κλίσης, οδηγεί σε συμπεράσματα που αφορούν τη δραστηριότητα του ρήγματος αφού σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν αποκλίνουσες λεκάνες το ρήγμα είναι ενεργό (Tsimi et al., 2007b). Επιπλέον έχει διατυπωθεί η άποψη ότι όταν ένας μεγάλος σεισμός έχει συμβεί κατά μήκος ενός ρήγματος, τότε η ανύψωση είναι μεγαλύτερη στο κέντρο και μικρότερη στα άκρα (ο ρυθμός ολίσθησης μειώνεται στις απολήξεις των ρηγμάτων (Ganas, 1997) προκαλώντας την αλλαγή της φοράς της κλίσης των λεκανών που περιγράφηκε παραπάνω.

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

Ο δείκτης ασυμμετρίας υπολογίστηκε για 6 λεκάνες απορροής της ζώνης. Στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου παρατηρούνται μέτριες έως υψηλές τιμές του δείκτη οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 7,01 και 17,39. Από το χάρτη χωρικής κατανομής των τιμών του δείκτη (Σχήμα 6.11γ) φαίνεται πως όλες οι λεκάνες κλίνουν προς το τμήμα μεταξύ των δύο ρηξιγενών ζωνών Γρεγολίμανου και Τελέθριου. Συγκεκριμένα οι λεκάνες της ζώνης Γρεγολίμανου κλίνουν προς τα ΝΑ ενώ αντίθετα οι λεκάνες τις ζώνης Τελέθριου κλίνουν προς τα ΒΔ.

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

Ο δείκτης ασυμμετρίας υπολογίστηκε για 5 λεκάνες απορροής. Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 2,13 έως 29,29. Παρατηρούνται δηλαδή τόσο αρκετά συμμετρικές όσο και αρκετά ασύμμετρες λεκάνες. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη ζώνη αυτή υπάρχουν λεκάνες απορροής που ανήκουν και στις τρεις ομάδες δείκτη ασυμμετρίας οι οποίες προέκυψαν από την ταξινόμηση με βάση τις τιμές. Στο χάρτη χωρικής κατανομής (Σχήμα 6.11δ) φαίνεται πως γειτονικές μεταξύ τους λεκάνες εμφανίζουν αντίθετη κλίση, γεγονός που φανερώνει επίδραση τεκτονικής (τοπικών ρηγμάτων) στις λεκάνες απορροής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι λεκάνες No179 και No180 οι οποίες βρίσκονται στα ανερχόμενα τεμάχη διαφορετικών κανονικών ρηγμάτων.



Σχήμα 6.11. Χάρτες του δείκτη ασυμμετρίας των λεκανών απορροής για κάθε μία από τις τέσσερις ζώνες (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Καντηλίου, γ-ζώνη Γρηγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση κλίσης και τα μεγέθη τους τη διαφορά του δείκτη από τη φυσική τιμή 50.

6.3.2.2 Αποτελέσματα εκτίμησης συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T)

Ο δείκτης εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (T) υπολογίστηκε για τις λεκάνες απορροής των τεσσάρων επιμέρους περιοχών ενδιαφέροντος ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω η συμμετρική ή ασύμμετρη ανάπτυξή τους. Για το σύνολο των λεκανών οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 0 έως 1 και οι μέσοι όροι που προέκυψαν για κάθε λεκάνη ταξινομήθηκαν σε τρεις τάξεις όπως φαίνεται στον πίνακα 6.4. Τα διανύσματα ασυμμετρίας υπολογίστηκαν μόνο για τους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε ανωτέρω - για τμήματα ποταμού μήκους 500 μ. Ελήφθησαν 299 διανύσματα, με διευθύνσεις (αζιμούθιο) που κυμαίνονται από 10° έως 360° και μέση διεύθυνση για το σύνολό τους 198^{o}. Οι τιμές των διανυσμάτων κυμαίνονται από 0 έως 1 με μέση τιμή το 0,39.

Στους χάρτες γεωγραφικής κατανομής των διανυσμάτων ασυμμετρίας (Σχήμα 6.12 α-δ), για κάθε μία από τις τέσσερις ζώνες, παρουσιάζεται το μέγεθος και η διεύθυνση των διανυσμάτων αναλυτικά καθώς επίσης και τα πολικά διαγράμματα που αφορούν το σύνολο κάθε ζώνης, με εξαίρεση τη ζώνη Δίρφυος η οποία αναλύθηκε, λόγω της μεγάλης της έκτασης, σε δύο τμήματα που αφορούν τις λεκάνες 85-100 (ζώνη Δίρφυος 1) και τις λεκάνες 101-125 (ζώνη Δίρφυος 2). Τα πολικά διαγράμματα κάθε λεκάνης απορροής χωριστά παρουσιάζονται στο παράρτημα 6, σχήμα Π. 10.

Πρέπει να επισημανθεί ότι ελέγχθηκε η ύπαρξη σχέσης μεταξύ των γεωλογικών σχηματισμών του υποβάθρου και των διευθύνσεων των υπολογισμένων διανυσμάτων, της μετατόπισης δηλαδή των κύριων κλάδων, και δεν εντοπίστηκε κάποια αλληλεξάρτηση. Αυτό σημαίνει πως η μετατόπιση για τα δίκτυα όπου εντοπίζεται μπορεί να αποδοθεί σε τεκτονικά αίτια.

(i) Ζώνη Δίρφυος

Συνολικά υπολογίστηκαν 195 διανύσματα για τη ζώνη Δίρφυος με τιμές 0-0,89 με μέση τιμή 0,38 και διευθύνσεις 10°-350° με μέση τιμή 194,3°. Στο τμήμα Δίρφυος 1, που αφορά τις πρώτες 12 λεκάνες απορροής (μεταξύ των No80-100), το μέσο διάνυσμα έχει τιμή 0,38 και μέση διεύθυνση 181,5° ενώ στο τμήμα Δίρφυος 2, που αφορά τις επόμενες 9 λεκάνες απορροής (μεταξύ των No101-125), αν και η μέση τιμή δεν διαφέρει πολύ (0,39), η μέση διεύθυνση από νότια γίνεται νοτιοδυτική (213,8°). Από τη μελέτη των πολικών διαγραμμάτων

των λεκανών της ζώνης (παράρτημα 6) καθώς και του σχήματος 6.12α, φαίνεται πως δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη τάση μετατόπισης που να σχετίζεται με την δράση κάποιας ρηξιγενούς δομής στην περιοχή, αν και κατά θέσεις οι τιμές του συντελεστή είναι μεγάλες. Εξαίρεση αποτελούν οι λεκάνες απορροής Νο95 και Νο101 οι οποίες εμφανίζουν μια τάση μετατόπισης προς τα ΒΑ λόγω τεκτονικής ανύψωσης (καθώς στο ΝΔ τμήμα της κοίτης υπάρχει ένα κανονικό ρήγμα).

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

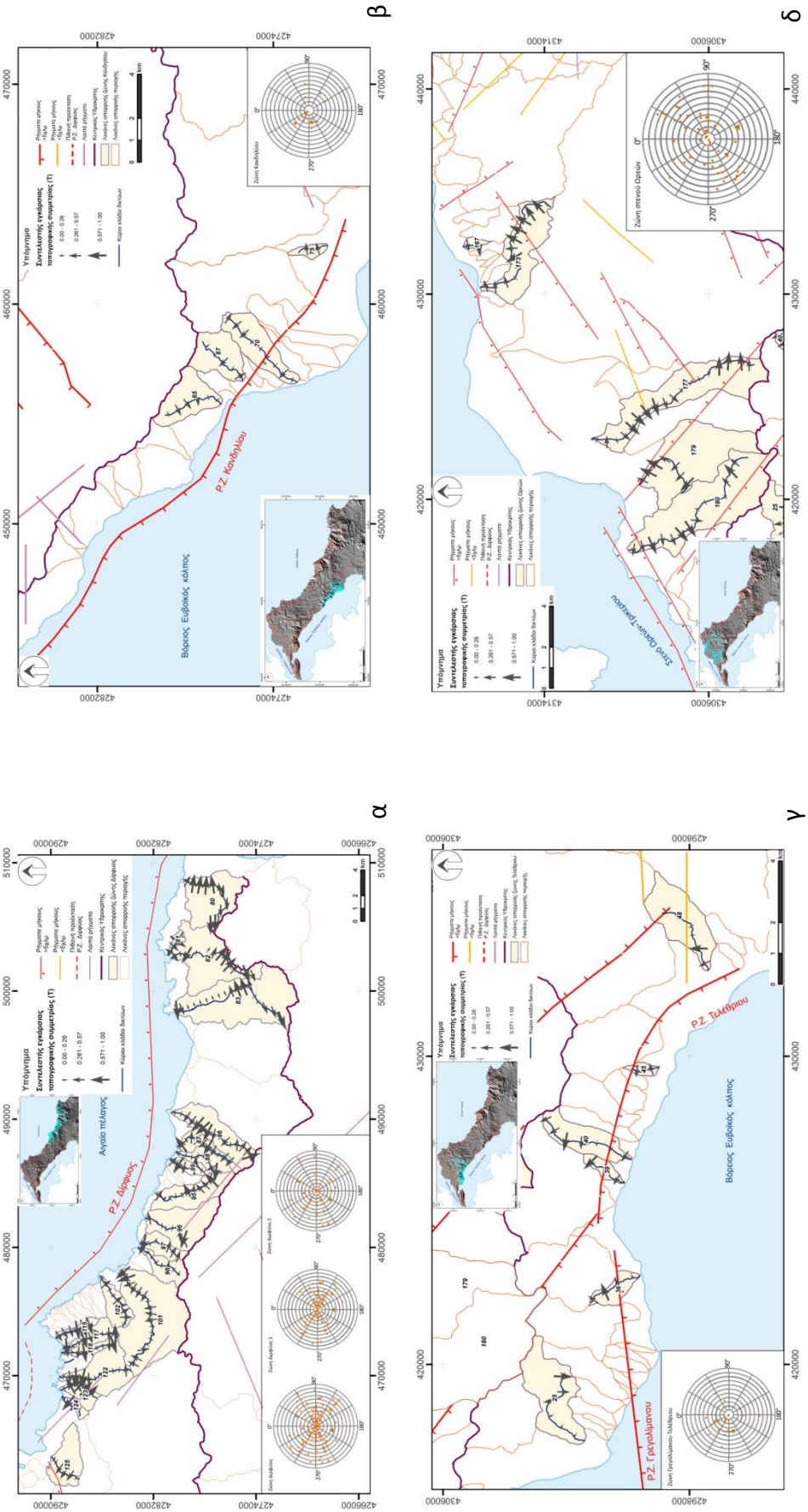
Για τη ζώνη Κανδηλίου υπολογίστηκαν 22 διανύσματα με τιμές μεταξύ 0,04 και 0,57 και με μέση τιμή 0,25 και διευθύνσεις 74°-327° με μέση τιμή 260,9°. Από τη μελέτη των πολικών διαγραμμάτων των λεκανών της ζώνης (παράρτημα 6) καθώς και την παρατήρηση του σχήματος 6.12β της χωρικής κατανομής της παραμέτρου, φαίνεται πως οι επικρατούσες διευθύνσεις των διανυσμάτων είναι η ΝΔ, ΒΔ και ΝΑ έως Α όπου εμφανίζονται μέτριες τιμές του συντελεστή.

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

Για τη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου υπολογίστηκαν 27 διανύσματα με τιμές 0,01-1,00 με μέση τιμή 0,35 και διευθύνσεις 36,9°-360° με μέση τιμή 257,6°. Από τη μελέτη των πολικών διαγραμμάτων των λεκανών της ζώνης (παράρτημα 6) καθώς και του σχήματος 6.12γ, διακρίνεται πως για τη ζώνης Γρεγολίμανου οι κύριες διευθύνσεις των διανυσμάτων είναι η Β και Ν καθώς και η ΒΑ όπου παρατηρούνται τα μεγαλύτερα μεγέθη διανυσμάτων, ενώ για τη ζώνη Τελέθριου επικρατούν οι ΒΔ, ΝΔ και ΝΑ.

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

Για τη ζώνη στενού Ωρεών υπολογίστηκαν 55 διανύσματα με τιμές 0,02-0,86 με μέση τιμή 0,47 και διευθύνσεις 25°-356° με μέση τιμή 157,6°. Από τη μελέτη των πολικών διαγραμμάτων των λεκανών της ζώνης (παράρτημα 6) και το σχήμα 6.12δ, φαίνεται πως οι κύριες διευθύνσεις είναι οι ΝΔ και ΒΑ έως Α. Συγκεκριμένα οι λεκάνες Νο 177 και 179 φαίνεται ότι επηρεάζονται από το κανονικό ρήγμα που διέρχεται από τον κοινό τους υδροκρίτη. Η πρώτη λεκάνη βρίσκεται στο κατερχόμενο τέμαχος και μετατοπίζεται ΝΔ ενώ η δεύτερη τέμνεται από το ρήγμα με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μια ασυμμετρία, η οποία είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στη δράση αυτού.



Σχήμα 6.12. Χάρτες του συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας των λεκανών απορροής κάθε μίας από τις τέσσερις ζώνες (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Καναλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Τα διανύσματα δείχνουν τη διεύθυνση μετατόπισης και τα μεγέθη τους σχετίζονται με το μέγεθος του συντελεστή. Στα πολικά διαγράμματα οι κύκλοι απεικονίζουν το μέγεθος και τη διεύθυνση κάθε διανύσματος και τα τρίγωνα το μέγεθος και τη διεύθυνση του μέσου διανύσματος για κάθε ζώνη (η περιφέρεια του κύκλου αντιστοιχεί σε συντελεστή 1 και το κέντρο σε 0).

6.3.2.3 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη μήκους - κλίσης ρέματος (SL)

Ο δείκτης υπολογίστηκε για το σύνολο των κύριων ποταμών των υπό μελέτη σε τοπική κλίμακα λεκανών απορροής με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε ανωτέρω (με τη χρήση διαστήματος Δh ίσο με την απόσταση των ισοϋψών καμπυλών ανά 20 μ-Σχήμα 6.14). Οι τιμές που προέκυψαν για κάθε λεκάνη απορροής αποτελούν το μέσο όρο όλων των τιμών του δείκτη που υπολογίστηκε στο μέσο των διαστημάτων Δh κατά μήκος του ποταμού της εκάστοτε λεκάνης. Συνολικά προέκυψαν 1301 σημεία και ισάριθμες τιμές του δείκτη από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος για τα 36 υπό μελέτη στο παρόν κεφάλαιο κεντρικά ποτάμια (Σχήμα 6.15). Οι τιμές SL κυμαίνονται από 22,1 έως 1062,7, με την χαμηλότερη τιμή να απαντάται στη ζώνη στενού Ωρεών και την υψηλότερη στη ζώνη Δίρφυος .

Ακολούθως έγινε ταξινόμηση σε τρεις ομάδες όπως φαίνεται στον πίνακα 6.4 (βάσει της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε ανωτέρω στην παράγραφο 6.2.2.3) όπου φαίνεται πως δεν απαντώνται υψηλές τιμές του δείκτη ($1^{ης}$ κατηγορίας) στη ζώνη Κανδηλίου ενώ στη ζώνη στενού Ωρεών απουσιάζουν τόσο οι υψηλές όσο και οι ενδιάμεσες τιμές του δείκτη ($1^{ης}$ όσο της $2^{ης}$ κατηγορίας). Επίσης, πρέπει να σημειωθεί πως μεγάλος αριθμός ποταμών μοιράζεται σε τιμές SL των κατηγοριών 2 και 3.

Επιπλέον κατασκευάστηκαν οι γραφικές παραστάσεις σύγκρισης των τιμών του δείκτη σε σχέση με τα επιμήκη προφίλ των ποταμών (Σχήμα Π. 12) οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια ανά ζώνη και στις οποίες φαίνεται πως τα σημεία κάμψης των προφίλ συμπίπτουν με τις υψηλές τιμές του δείκτη (και τα περισσότερα από αυτά επίσης συμπίπτουν με αλλαγή στη λιθολογία ή με ρήγματα κάθετα στη ροή των ποταμών). Τέλος σχεδιάστηκαν οι χάρτες χωρικής κατανομής του δείκτη για όλες τις υπό μελέτη λεκάνες (Σχήμα 6.16) ώστε να εντοπιστούν οι περιοχές συγκέντρωσης υψηλών τιμών. Στο διάγραμμα του σχήματος 6.15 σε συνδυασμό με το σχήμα 6.16 φαίνεται πως οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται κυρίως στη ρηξιγενή ζώνη Δίρφυος, στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου και σε μικρότερο βαθμό στη ζώνη Κανδηλίου. Συγκεκριμένα, το νοτιότερο τμήμα της ζώνης Δίρφυος και το βορειότερο τμήμα της ζώνης Τελέθριου εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές του δείκτη. Οι μικρότερες τιμές του δείκτη εντοπίζονται στη ζώνη Ωρεών-Τρικερίου, στο νότιο άκρο της ζώνης Κανδηλίου και στα άκρα του ΝΑ τμήματος της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου. Από τον έλεγχο για την αναζήτηση

πιθανής συσχέτισης των πιο υψηλών τιμών του δείκτη με τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών πάνω στους οποίους ρέουν τα ποτάμια, προέκυψε ότι δεν υπάρχει κάποια σημαντική συσχέτιση. Εξαίρεση αποτελεί η ζώνη στενού Ωρεών-Τρικερίου όπου οι χαμηλές τιμές του δείκτη θα μπορούσαν να συσχετιστούν με τις ευδιάβρωτες μάργες που καταλαμβάνουν την περιοχής. Οι πιο ανώμαλα (εξαιρετικά) υψηλές τιμές του δείκτη δείχνουν τις περιοχές που επηρεάζονται ισχυρά από τεκτονικές διεργασίες. Με τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής, που περιγράφηκε στην αντίστοιχη παράγραφο της μεθοδολογίας 6.2.2.3, δημιουργήθηκαν χάρτες χωρικής κατανομής του δείκτη SL χωριστά για τις λεκάνες κάθε ζώνης (Σχήμα 6.17 α-δ) οι οποίοι σχολιάζονται ανά ζώνη παρακάτω.

Τέλος, τα «νέα σημεία κάμψης» που εντοπίστηκαν από τη αξιολόγηση των επιμήκων τομών των κεντρικών ποτάμιων κλάδων των υπό μελέτη υδρογραφικών δικτύων (παράγραφος 6.3.1 και σχήμα Π. 11), όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 6.2.1, συγκρίθηκαν με τις τιμές του δείκτη μήκους – κλίσης ρέματος, μέσω των διαγραμμάτων του σχήματος Π. 12 και προέκυψαν τα νέα σημεία κάμψης και οι γραμμώσεις που πιθανόν σχετίζονται με τη δημιουργία τους. Αυτά απεικονίζονται στον χάρτη του σχήματος 6.18. Συγκεκριμένα, ένα σημείο κάμψης (από αυτά που εντοπίστηκαν με την παραπάνω διαδικασία) θεωρείται πως έχει δημιουργηθεί από ένα ενεργό ρήγμα όταν ταυτίζεται με κάποια γράμμωση από τους αντίστοιχους χάρτες φωτογραμμώσεων.

(i) Ζώνη Δίρφυος

Στα διαγράμματα του σχήματος Π. 12 γίνεται φανερό ότι σε όλα τα ποτάμια της ζώνης οι τιμές του δείκτη SL αυξάνονται κατάντη, δηλαδή προς τις εκβολές, ενώ σε κάποιες από αυτές η αύξηση αυτή των τιμών του δείκτη είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει μια ανάπτυξη προς τα χαμηλότερα υψομετρικά τμήματα της διαδρομή των ποταμών. Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη μήκους-κλίσης ρέματος βρίσκονται σε αντιστοιχία με τις θέσεις υψηλού αναγλύφου και με τις θέσεις των σημείων κάμψης.

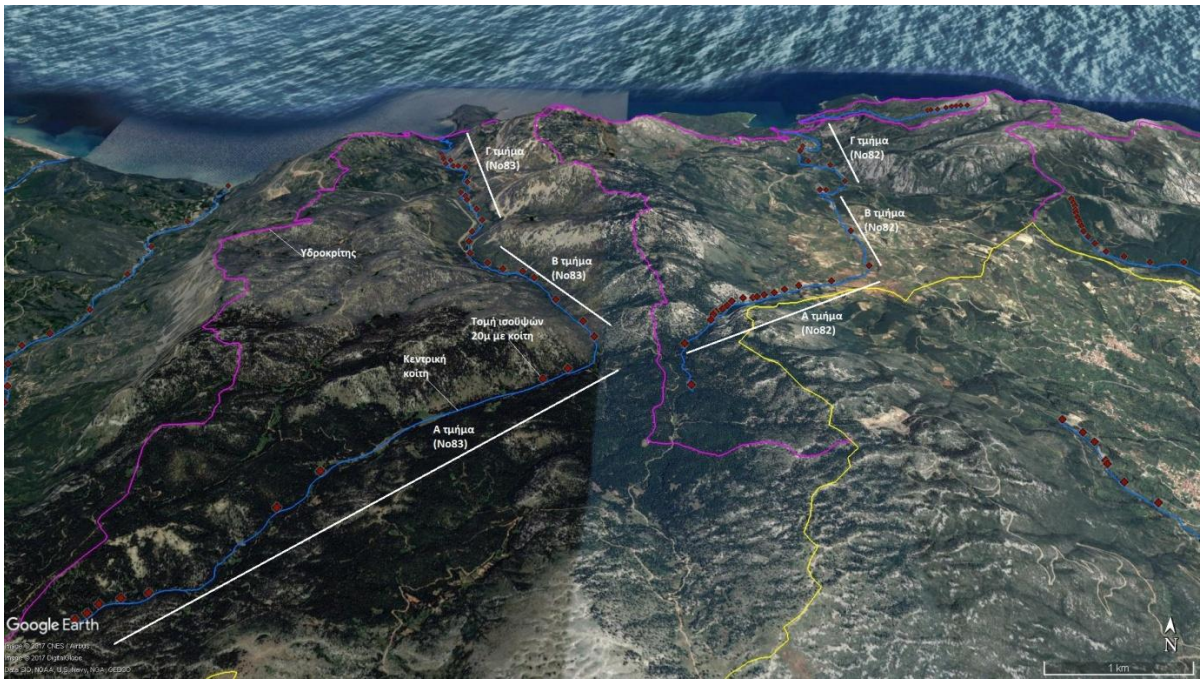
Στο χάρτη χωρικής κατανομής του δείκτη (Σχήμα 6.17.α) φαίνεται πως οι μέγιστες τιμές εντοπίζονται στο ΝΑ άκρο της ζώνης και συγκεκριμένα στους κεντρικούς ποτάμιους κλάδους των λεκανών απορροής Νο82 και 83, ενώ υψηλές τιμές εντοπίζονται πέριξ της εν λόγω περιοχής μέγιστων τιμών καθώς και στα ποτάμια του ΒΔ τμήματος της ζώνης στην περιοχή όπου αναπτύσσονται πολλές μικρού μεγέθους λεκάνες απορροής με απότομες μορφολογικές

κλίσεις. Και οι δύο αυτές περιοχές υψηλών τιμών δείκτη SL σχετίζονται με τις τεκτονικές γραμμές της περιοχές (Σχήμα 3.32 και Σχήμα 3.33) οι οποίες καθιστούν τις εν λόγω θέσεις τεκτονικά ενεργές.

Τα υδρογραφικά δίκτυα των λεκανών απορροής No82 και No83 απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση αφού η κεντρική τους κοίτη παρουσιάζει τις πιο ακραίες τιμές –ανωμαλίες-του δείκτη μήκους – κλίσης ρέματος (περίπου 6405 και 5761 αντίστοιχα σε συγκεκριμένα τμήματα) συγκριτικά με το σύνολο των μετρήσεων που αφορούν την περιοχή μελέτης. Τα τμήματα αυτά της διαδρομής των συγκεκριμένων ποταμών που χαρακτηρίζονται από ακραίες τιμές ταυτίζονται σε θέσεις σημείων κάμψης στα επιμήκη προφίλ τους (Σχήμα Π. 12). Αξίζει να σημειωθεί πως ο κεντρικός ποταμός της λεκάνης απορροής No83 παρουσιάζει και τη μεγαλύτερη μέση τιμή του δείκτη από το σύνολο των υπό μελέτη ποταμών της περιοχής μελέτης. Επιπλέον η κεντρική κοίτη του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής No83 παρουσιάζει κάποια ενδιαφέροντα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Από το υψομετρικά υψηλότερο σημείο του ποταμού έως το 1/3 της διαδρομής του κατάντη ως τις εκβολές (τμήμα Α στο σχήμα 6.13) το ποτάμι ρέει σε ένα ομαλό οροπέδιο (Βρωμονέρα) με μέσο υψόμετρο περίπου 750 μ, έχοντας διαμορφώσει μία ανοιχτή κοιλάδα με διεύθυνση ροής ΝΔ - ΒΑ. Ακολούθως η διεύθυνση ροής του ποταμού αλλάζει και γίνεται ΝΑ-ΒΔ (τμήμα Β στο σχήμα 6.13) ενώ αλλάζει και η μορφολογία της κοιλάδας αποκτώντας σχήμα V. Στο τελευταίο τμήμα της διαδρομής του ποταμού (τμήμα Γ στο σχήμα 6.13) το οποίο μορφολογικά ξεκινάει με το ανωτέρω αναφερόμενο σημείο κάμψης που αντιστοιχεί στην ακραία τιμή του δείκτη SL, η κοίτη αποκτά μαιανδρική μορφή. Τα μορφολογικά αυτά χαρακτηριστικά οδηγούν στο συμπέρασμα μιας αναστροφής του της ροής του υδρογραφικού δικτύου το οποίο στο τμήμα Α τμήμα ενώ έρεε ΒΔ προς ΝΑ κάποια στιγμή λόγω πειρατείας άλλαξε τη διεύθυνση ροής του.

Η κεντρική κοίτη του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής No 82 μπορεί να χωριστεί επίσης σε 3 τμήματα (Σχήμα 6.13): Ανώτερο τμήμα Α στο οποίο η διεύθυνση ροής είναι από ΝΔ προς ΒΑ, ακολουθεί το τμήμα Β που αποτελεί ένα οροπέδιο (κάμπος Βιτάλων) με μέσο υψόμετρο περίπου 430 μ και τέλος το ποτάμι, ξεκινώντας από ένα σημείο κάμψης που είναι εμφανές στο επίμηκες προφίλ του και ταυτίζεται με την ακραία τιμή του δείκτη SL, μέσω του κατώτερου τμήματος Γ, ρέει προς την εκβολή αποκτώντας μαιανδρική μορφή με διεύθυνση ροής σχεδόν Ν-Β.

Από το σχήμα 6.13 και με βάση τα ανωτέρω αναφερόμενα, προκύπτει το συμπέρασμα πως είναι πιθανό το τμήμα Α του κεντρικού κλάδου του υδρογραφικού δικτύου No83 να αποτελούσε μέρος του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης No82 από το οποίο αποκόπηκε όταν το τμήμα Β μέσω της οπισθοδρομούσας διάβρωσης έφτασε σε αυτό ή όταν κάποιο πιθανό ρήγμα ανύψωσε την περιοχή της λεκάνης No83.



Σχήμα 6.13. Η μορφολογία και τα τμήματα Α, Β και Γ στα οποία έχουν χωριστεί οι κεντρικές κοίτες των υδρογραφικών δικτύων των λεκανών απορροής No82 και No83 (εικόνα από Google Earth Pro, 2017). Φαίνεται πως τα τμήματα Α και των δύο ποταμών αποτεούσαν την κεντρική κοίτη ενός ενιαίου ποταμού πριν τις συλλήψεις από τους δύο ποταμούς (No82 και 83).

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

Από τα διαγράμματα του σχήματος Π. 12, προκύπτει πως οι τιμές του δείκτη SL για τις κεντρικές κοίτες των λεκανών της εν λόγω ζώνης αυξάνονται κατάντη, προς τις εκβολές, όμοια με τη ζώνη Δίρφυος. Εξαίρεση αποτελεί η λεκάνη απορροής No70 της οποίας το κεντρικό τμήμα τέμνεται από το κύριο ρήγμα της ζώνης το οποίο ταπεινώνει το τμήμα των εκβολών του ποταμού. Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη μήκους-κλίσης ρέματος βρίσκονται σε αντιστοιχία με τις θέσεις υψηλού αναγλύφου και με τις θέσεις των σημείων ή ζωνών κάμψης.

Στο χάρτη χωρικής κατανομής των τιμών του δείκτη (Σχήμα 6.17.β) φαίνεται πως η μέγιστη τιμή εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα της ζώνης (περιοχή λεκάνης απορροής No65), ενώ το ΝΔ

τμήμα της χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές. Το τοπικό μέγιστο είναι πιθανό να σχετίζεται με τη ρηξιγενή ζώνη Κανδηλίου η οποία στο σημείο εκείνο αλλάζει διεύθυνση και εισέρχεται στη χερσαία περιοχή βόρεια της Δάφνης.

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

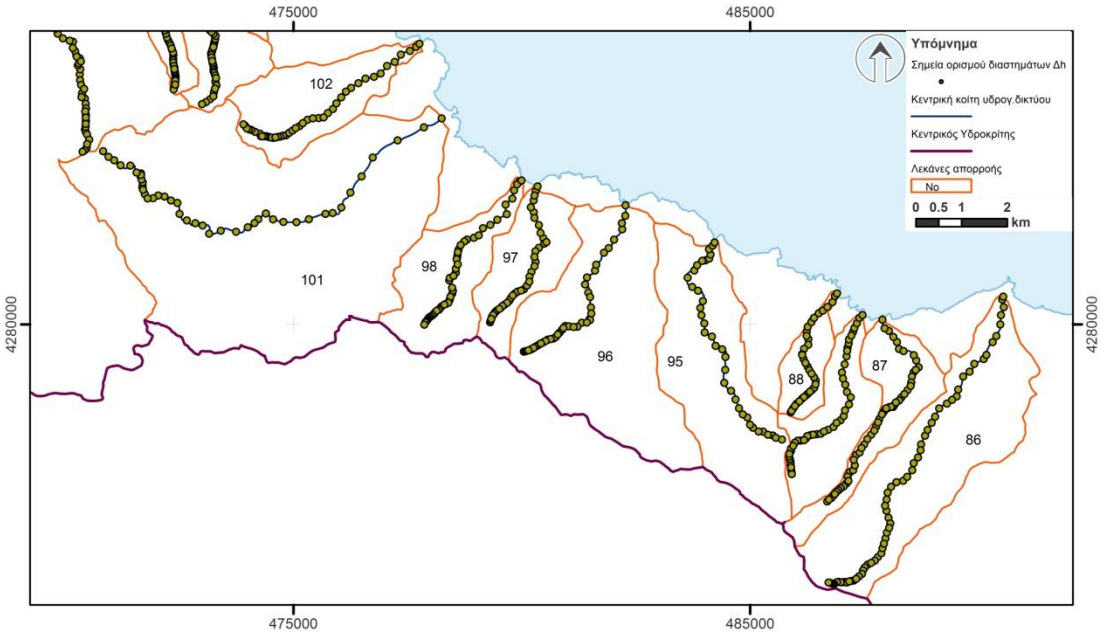
Στα διαγράμματα του σχήματος Π. 12 φαίνεται πως όλα τα κεντρικά ποτάμια της ζώνης οι τιμές του δείκτη SL αυξάνονται κατάντη και οι ακραίες του τιμές βρίσκονται σε αντιστοιχία με τις θέσεις υψηλού αναγλύφου και με τις θέσεις των σημείων ή ζωνών κάμψης.

Στο χάρτη χωρικής κατανομής του δείκτη (Σχήμα 6.17.γ) φαίνεται πως στο κεντρικό τμήμα της ζώνης παρατηρείται ένα τοπικό μέγιστο (κατά μήκος του ποταμού της λεκάνης Νο40) πλησίον του οποίου υπάρχουν υψηλές τιμές, ενώ στα άκρα της ζώνης οι τιμές είναι χαμηλές. Συγκεκριμένα, οι τιμές του δείκτη στη ζώνη Γρεγολίμανου είναι πολύ χαμηλές, ενώ οι υψηλές τιμές εντοπίζονται στη βόρεια απόληξη της ρηξιγενούς ζώνης Τελέθριου, φανερώνοντας μεγαλύτερη επίδραση από τεκτονική δραστηριότητα.

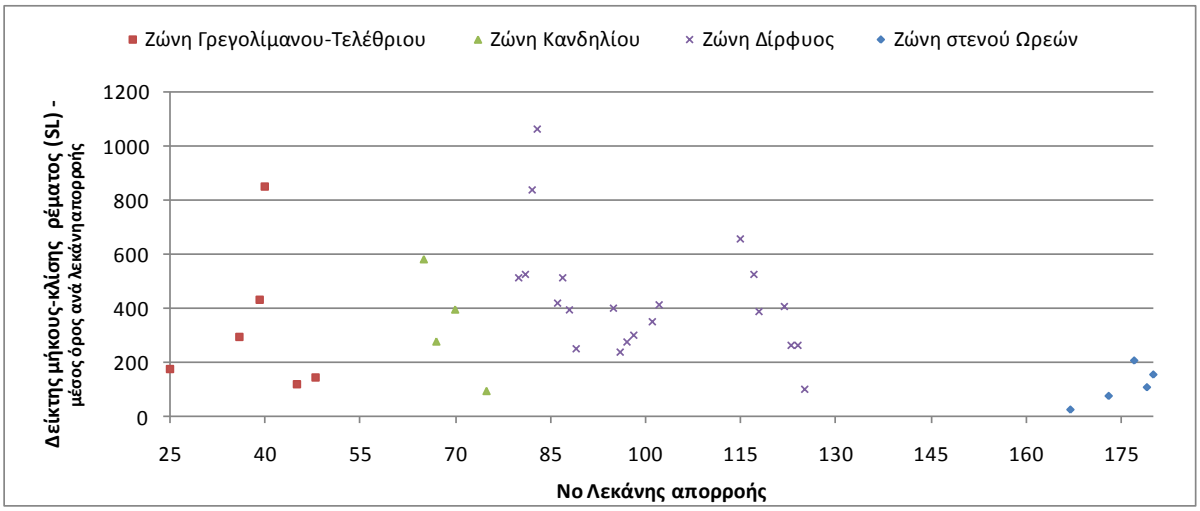
(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

Στα διαγράμματα του σχήματος Π. 12, φαίνεται πως για τα ποτάμια των λεκανών της εν λόγω ζώνης οι τιμές του δείκτη SL αυξάνονται κατάντη, προς τις εκβολές του ποταμού, με εξαίρεση τους κεντρικού κλάδους των λεκανών απορροής Νο177, 179 και 180. Οι ακραίες τιμές του δείκτη βρίσκονται σε αντιστοιχία με τις θέσεις υψηλού αναγλύφου και με τις θέσεις των σημείων ή ζωνών κάμψης.

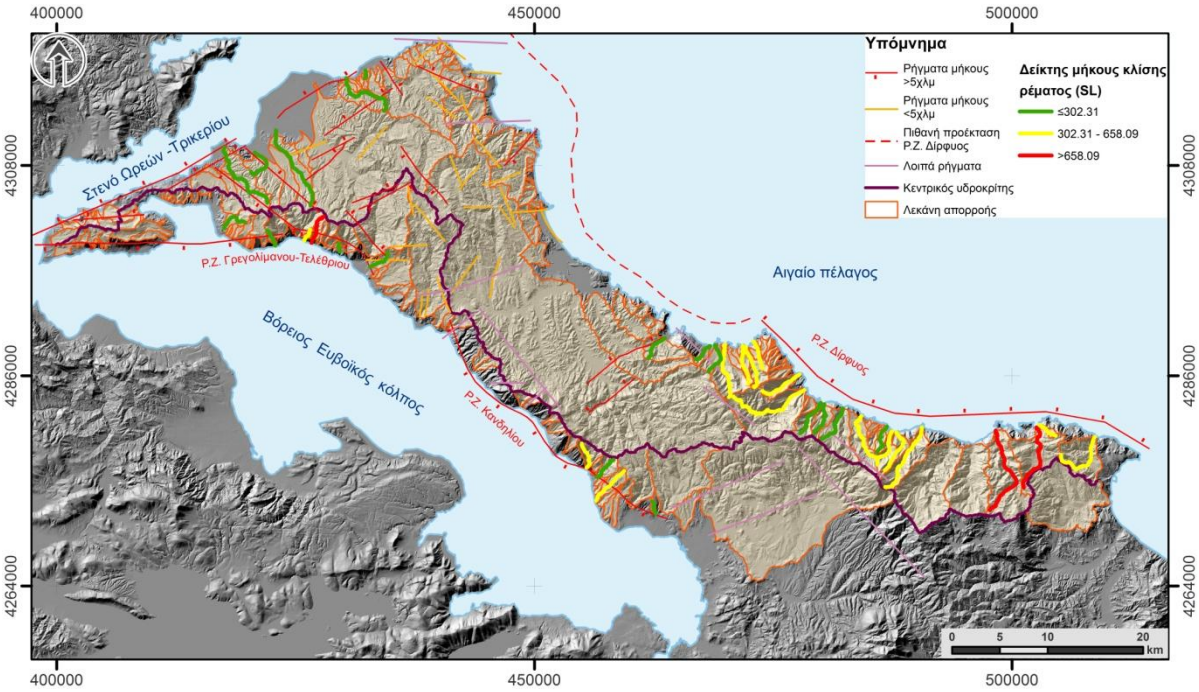
Στο χάρτη χωρικής κατανομής του δείκτη (Σχήμα 6.17.δ) φαίνεται πως στο ΝΔ τμήμα της ζώνης παρατηρούνται οι υψηλότερες τιμές με ένα τοπικό μέγιστο στους ποταμούς των λεκανών απορροής Νο176-178, μεταξύ Ιστιαίας και Ωρεών όπου εντοπίζεται μεγάλος αριθμός τεκτονικών δομών όπως δείχνουν τα σχήματα 3.32 και 3.33, ενώ στο ΒΔ τμήμα οι τιμές είναι χαμηλές.



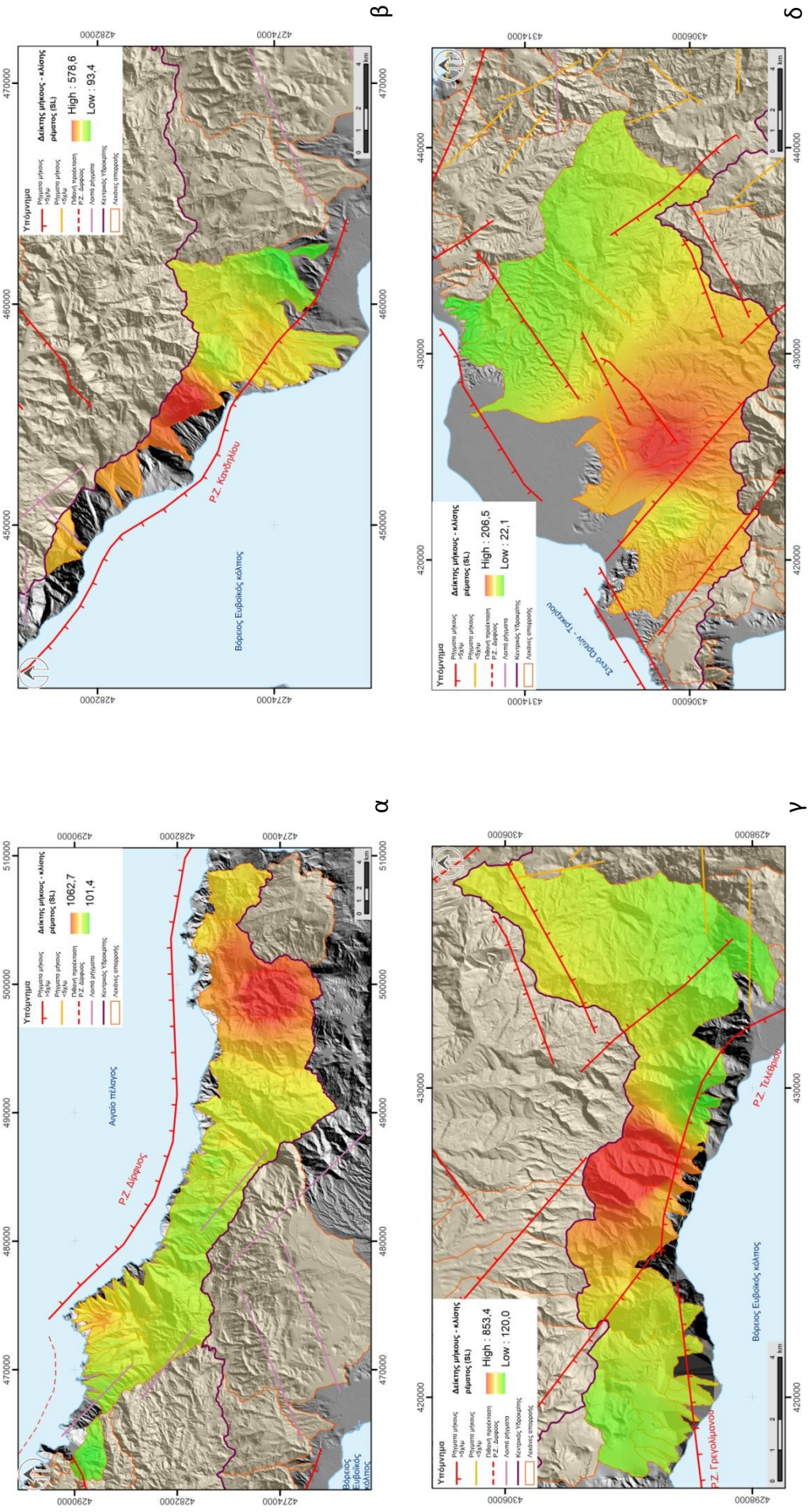
Σχήμα 6.14. Απόσπασμα χάρτη (λεκάνες απορροής No86-102) στο οποίο φαίνονται τα διαστήματα Δh στο μέσο των οποίων υπολογίστηκε ο δείκτης SL. Από τους δείκτες που υπολογίστηκαν για το σύνολο των διαστημάτων κάθε λεκάνης υπολογίστηκε ο μέσος όρος που αποτελεί τον δείκτη SL του κεντρικού ποτάμιου κλάδου κάθε λεκάνης.



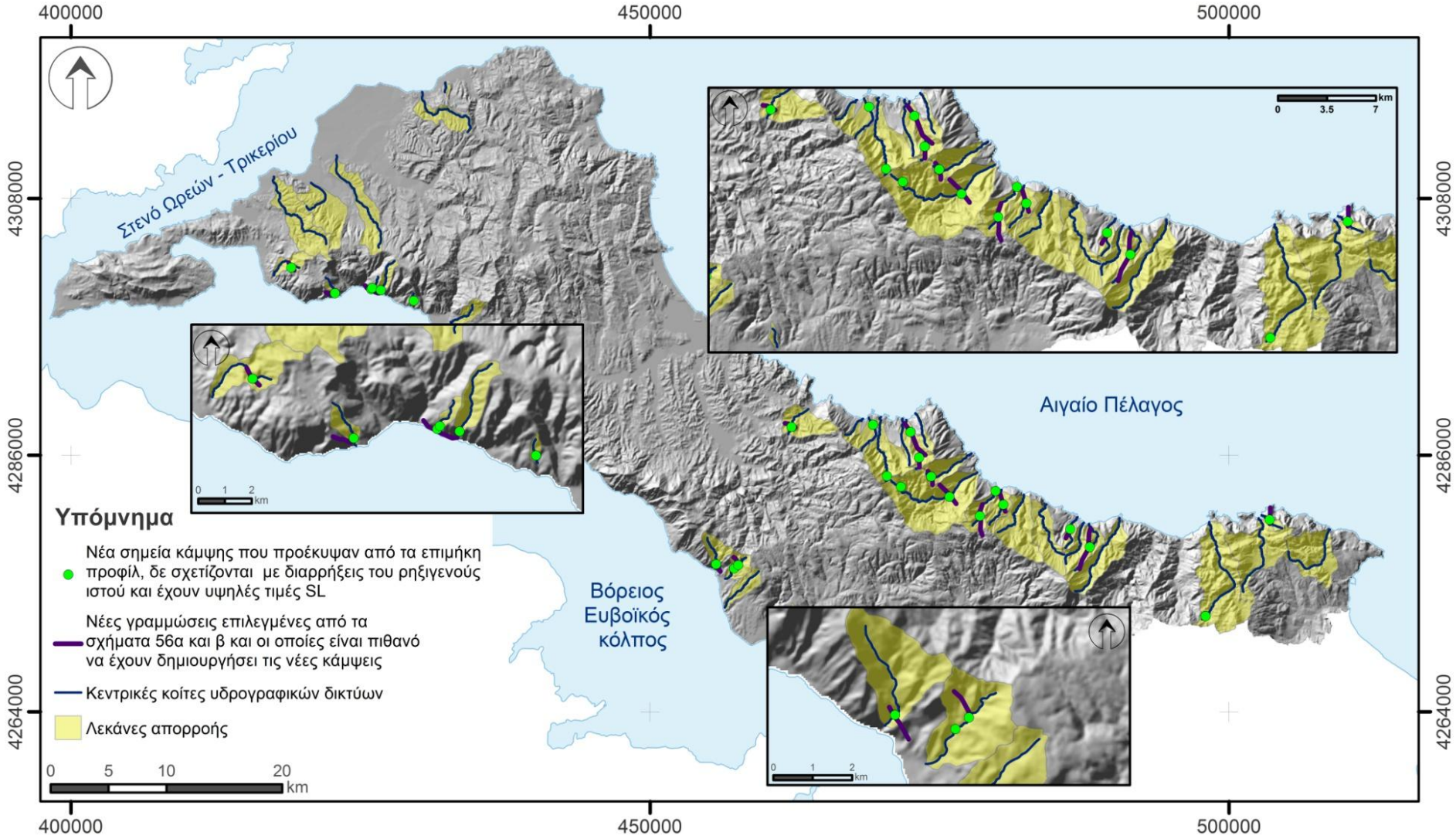
Σχήμα 6.15. Διάγραμμα μέσων τιμών δείκτη μήκους-κλίσης ρέματος (SL) για τα κεντρικά ποτάμια κάθε λεκάνη απορροής.



Σχήμα 6.16. Ο μέσος όρος του δείκτη μήκους κλίσης ρέματος των κεντρικών κοιτών των υπό μελέτη λεκανών απορροής όλων των ζωνών.



Σχήμα 6.17. Ο δείκτης μήκους κλίσης ρέματος των κεντρικών ποταμών των λεκανών απορροής κάθε ζώνης (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Καντηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1.



Σχήμα 6.18. Χάρτης με τις θέσεις των σημείων κάμψης που δεν συσχετίστηκαν με κάποιο ήδη καταγεγραμμένο ρήγμα (σε σύγκριση με το ρηξιγενή ιστό της περιοχής μελέτης – σχήμα 3.33) και έχουν υψηλό δείκτη SL, καθώς και οι σχετικές φωτογραμμωσεις που επιλέχθηκαν από τα σχήματα 3.38α και β και είναι πιθανό να έχουν δημιουργήσει τα σημεία κάμψης αυτά.

Τα σημεία σημειώνονται με «Κρ» στα διαγράμματα του σχήματος Π. 11 και οι τιμές του δείκτη SL φαίνονται στο σχήμα Π. 12.

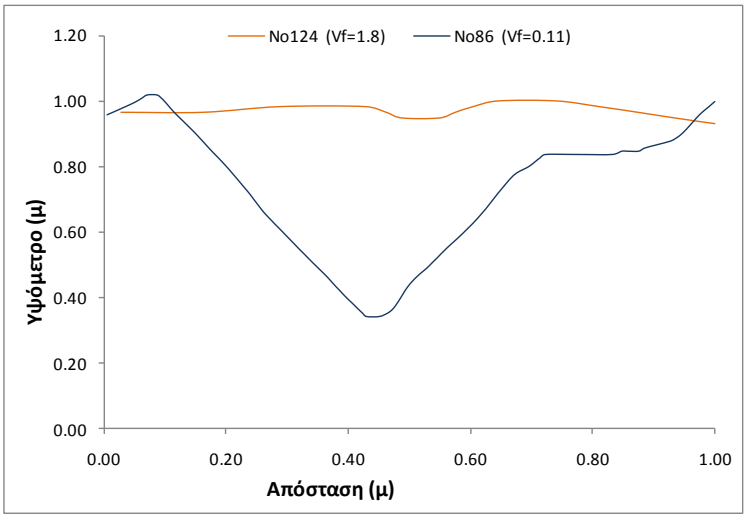
6.3.2.4 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf)

Οι θέσεις όπου έγιναν οι τομές κάθε δικτύου (οι οποίες παρουσιάζονται στο σχήμα Π. 13) για τον υπολογισμό του δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας φαίνονται στο χάρτη του σχήματος 6.30 και αντιστοιχούν σε θέσεις πίσω από ορεογραφικά μέτωπα τα οποία φαίνονται στο ίδιο σχήμα.

Οι τιμές του δείκτη Vf φανερώνουν το βαθμό της κατά βάθους διάβρωσης των κοιλάδων σαν συνέπεια της τεκτονικής ανύψωσης του μετώπου. Από τις τιμές του, που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.4, γίνεται αντιληπτό πως η πλειονότητα των μετρήσεων φανερώνει τεκτονικά ενεργά μέτωπα με τιμές χαμηλότερες της μονάδας (1), ενώ γενικά οι τιμές κυμαίνονται από πολύ χαμηλές έως μέτρια υψηλές. Η μικρότερη τιμή του δείκτη εντοπίζεται στο δίκτυο της λεκάνης Νο83 της ζώνης Δίρφυος ενώ η μεγαλύτερη σε εκείνο της λεκάνης Νο177 της ζώνης στενού Ωρεών (Σχήμα 6.20). Το γεγονός πως η διάβρωση που επικρατεί στην περιοχή είναι κυρίως κατά βάθος, επιβεβαιώνεται και από το γεγονός πως δεν παρατηρούνται αλλουβιακές αποθέσεις κατά μήκος της πλειονότητας κύριων κοιτών των υδρογραφικών δικτύων. Από τις τρεις ομάδες κοιλάδων που καθορίστηκαν (Πίνακας 6.4) η πρώτη φανερώνει υψηλή τεκτονική δραστηριότητα, η δεύτερη μέτρια ενώ οι υψηλές τιμές των κοιλάδων της τρίτης ομάδας φανερώνει χαμηλή τεκτονική δραστηριότητα. Επιπλέον μπορεί να σημειωθεί πως η ζώνη Δίρφυος έχει το μικρότερο μέσο όρο τιμών (0,46) σε σύγκριση με το μέσο όρο των υπολοίπων ζωνών, ακολουθεί η ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου με επίσης τιμές μικρότερες της μονάδας (0,82) και ακολουθεί η ζώνη Κανδηλίου με μέσο όρο τιμών 1,11. Τέλος η ζώνη στενού Ωρεών έχει το μεγαλύτερο μέσο όρο τιμών (2,62) και φαίνεται πως η μορφή των κοιλάδων εδώ επηρεάζεται εκτός από την τεκτονική και από τη λιθολογία.

Η μορφή της κοιλάδας και ο ρυθμός εκβάθυνσης από την κατά βάθος διάβρωση των κοιτών των ποταμών εξαρτάται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, τόσο από την τεκτονική και τις επιφανειακές διεργασίες, όσο και από τη λιθολογία. Οι περισσότερες τομές έγιναν σε θέσεις με παρόμοια λιθολογία (κατηγορίες 3 και 4, βλέπε ταξινόμηση παράγραφος 4.3.5), και άρα η μορφή των προφίλ έχει μικρή εξάρτηση από αυτή. Ωστόσο, κάποιες μεμονωμένες κοιλάδες των ζωνών Δίρφυος και στενού Ωρεών (συγκεκριμένα στις κοιλάδες των λεκανών απορροής Νο81, 82, 95, 102, 117, 118, 123, 125, 167, 173, 177 και 180) αποτελούνται κατά θέσεις, όπως φαίνεται και στα

εγκάρσια προφίλ των κοιλάδων, από πιο ευδιάβρωτους σχηματισμούς (των κατηγοριών 1 και 2). Από τις τελευταίες, μόνο τα εγκάρσια προφίλ των No125, 173 και 177 φαίνεται να επηρεάζονται από τη λιθολογία οδηγώντας σε υψηλές τιμές του δείκτη Vf. Για ενιαία λιθολογία οι χαμηλές τιμές του δείκτη σχετίζονται με υψηλή τεκτονική δραστηριότητα και έντονη κατά βάθος διάβρωση, ενώ αντίθετα οι υψηλές τιμές σχετίζονται με περιοχές χαμηλής τεκτονικής, όπως φαίνεται και από τη σύγκριση της μορφής των κοιλάδων των δύο δικτύων No 124 και 88 στο σχήμα 6.19.



Σχήμα 6.19. Δύο κανονικοποιημένα εγκάρσια προφίλ κοιλάδων που αντισοιχούν το ένα σε υψηλή και το άλλο σε χαμηλή τιμή δείκτη Vf (κοιλάδες λεκανών No124 και No86 αντίστοιχα). Αναλυτικά οι εγκάρσιες τομές των κοιλάδων των υπό μελέτη δικτύων φαίνονται στο σχήμα Π.13 του παραρτήματος.

(i) Ζώνη Δίρφυος

Οι χαμηλές τιμές του δείκτη Vf που εκτιμήθηκαν για τις κοιλάδες στη ζώνη Δίρφυος φανερώνουν ισχυρή κατά βάθος διάβρωση η οποία μπορεί να ερμηνευτεί μέσω της τεκτονικής ανύψωσης, Στο βόρειο τμήμα της ζώνης όπως φαίνεται στο σχήμα 6.21α, σταδιακά οι τιμές αυξάνουν έως την λεκάνη απορροής No125 όπου απαντάται η υψηλότερη τιμή της ζώνης η οποία σχετίζεται ενδεχομένως με την επίδραση άλλου ρήγματος και με τη ρηξιγενή ζώνη Δίρφυος. Οι εγκάρσιες τομές των κοιλάδων των δικτύων στο σχήμα Π. 13 φανερώνουν πως τα δίκτυα έως τη λεκάνη No102 έχουν κοιλάδες τύπου “V” ενώ οι βορειότερες αυτής είναι τύπου “U”.

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

Στη ζώνη Κανδηλίου οι τιμές του δείκτη Vf είναι ελαφρά υψηλότερες σε σύγκριση με αυτές της ζώνης Δίρφυος και Γρεγολίμανου-Τελέθριου και φανερώνουν μικρότερη διάβρωση, όχι όμως

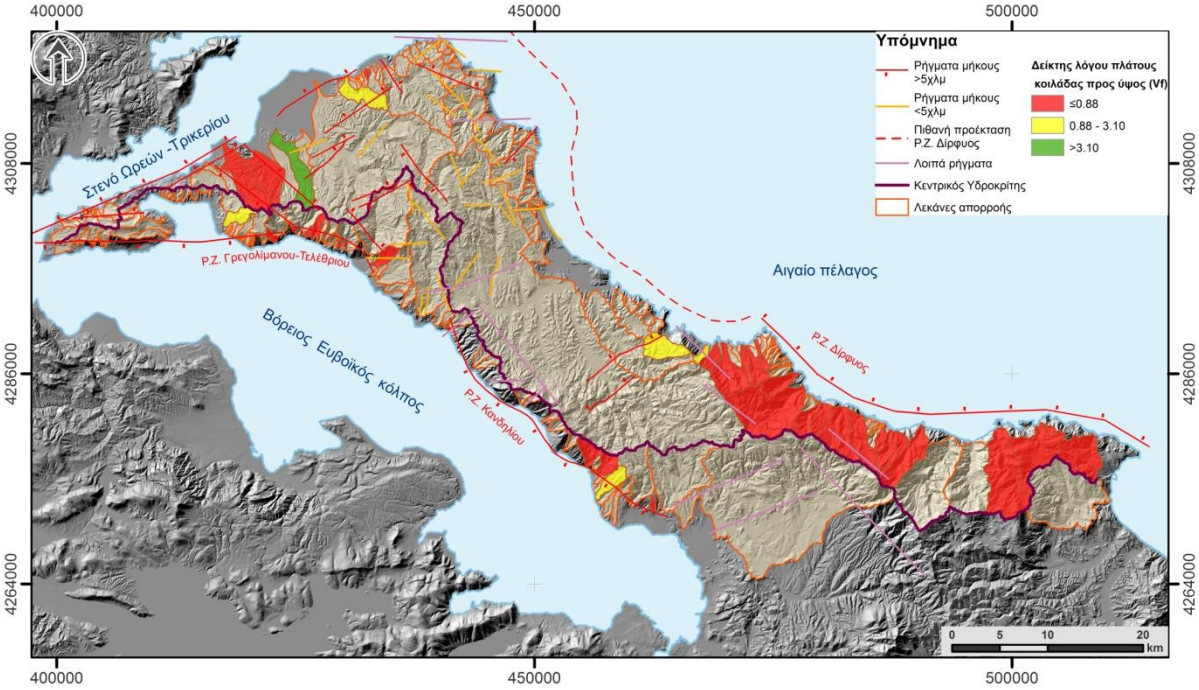
απουσία τεκτονικής δραστηριότητας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.21β, η διακύμανση των τιμών παρουσιάζει αύξηση στα δίκτυα που βρίσκονται στα άκρα του υπό μελέτη τμήματος της ζώνης. Χαρακτηριστικές κοιλάδες τύπου "V" φαίνονται στις εγκάρσιες τομές των δικτύων No65 και No75 στο σχήμα Π. 13

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

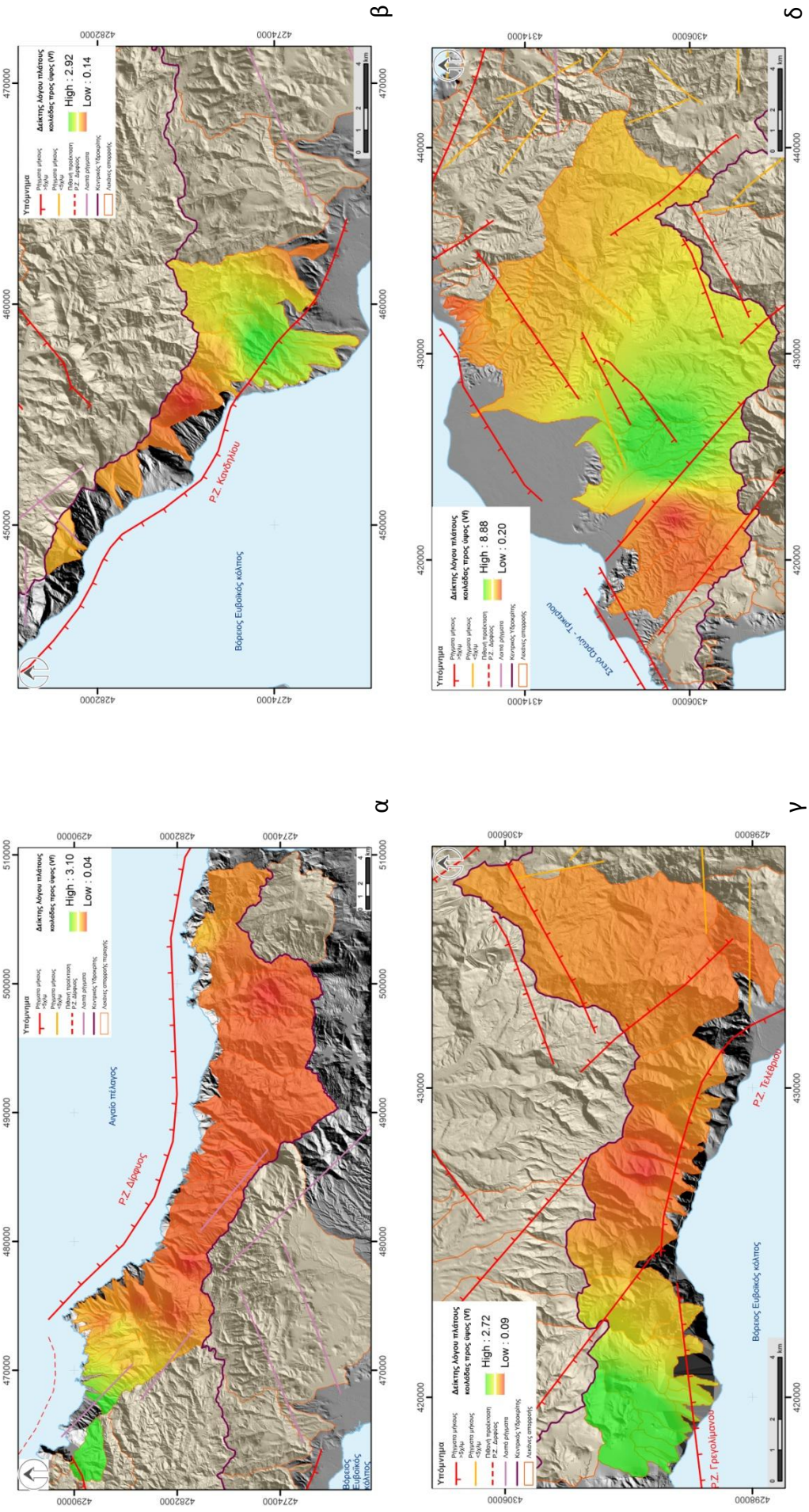
Εκτός από τη ζώνη Δίρφυος, χαμηλές τιμές του δείκτη Vf παρουσιάζονται και στις κοιλάδες της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου και φανερώνουν την ισχυρή κατά βάθος διάβρωση εξαιτίας της τεκτονικής δραστηριότητας (ανύψωσης). Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.21γ κατά μήκος της ζώνης, οι τιμές του δείκτη μειώνονται προς το νότο. Αυτή η μείωση φαίνεται και στις τομές των δικτύων στο σχήμα Π. 13, οι κοιλάδες των οποίων γίνονται τύπου "V" προς το νότο.

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

Οι υψηλές τιμές του δείκτη Vf στη ζώνη στενού Ωρεών είναι δυνατό να υποδηλώνουν απουσία τεκτονικής ανύψωσης αλλά όπως ήδη αναφέρθηκε φαίνεται περισσότερο πιθανό να σχετίζονται με τη λιθολογία της ζώνης. Σε ό,τι αφορά τη γεωγραφική κατανομή των τιμών, χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στα άκρα της ζώνης (σχήμα 6.21δ). Οι υψηλές τιμές της ζώνης συμφωνούν και με κοιλάδες τύπου "επίπεδου δαπέδου" όπως φαίνεται στο σχήμα Π. 13.



Σχήμα 6.20. Χωρική κατανομή του δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος των κεντρικών κλάδων των δικτύων των λεκανών απορροής όλων των ζωνών (σχετικά με τον τρόπο ταξινόμησης βλέπε κείμενο).



Σχήμα 6.21. Γεωγραφική κατανομή των τιμών του δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας (Vf) στις κοιλάδες των λεκανών απορροής κάθε ζώνης (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Καντηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1.

6.3.2.5 Αποτελέσματα σχεδίασης εκτίμησης υψομετρικής καμπύλης και εκτίμησης υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi)

Οι τιμές του δείκτη υψομετρικού ολοκληρώματος για τις υπό μελέτη λεκάνες απορροής κυμαίνονται από 36,06% έως 68,48% (η χαμηλότερη τιμή απαντάται στη ζώνη στενού Ωρεών και η μεγαλύτερη στη ζώνη Δίρφυος) και ταξινομούνται σε τρεις (3) κατηγορίες ανάλογα τόσο με την κυρτότητα των καμπυλών όπως περιγράφεται στην παράγραφο της μεθοδολογίας 6.2.2.5 όσο και της τιμής του ολοκληρώματος (Πίνακας 6.4 και σχήμα 6.25). Η πρώτη κατηγορία που περιλαμβάνει υψηλές τιμές (>54,99) αντιστοιχεί σε λεκάνες τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των οποίων δείχνουν πως εξελικτικά βρίσκονται στο στάδιο νεότητας και περιλαμβάνει κυρίως λεκάνες της ζώνης Δίρφυος, η δεύτερη κατηγορία (46,81<Hi<54.98) περιλαμβάνει λεκάνες που διανύουν το στάδιο της ωριμότητας (περιλαμβάνει λεκάνες από όλες τις ζώνες) και η τρίτη κατηγορία λεκανών με τις χαμηλότερες τιμές (<46,80) χαρακτηρίζει το στάδιο γήρατος της περιοχής και σε αυτή ανήκουν ορισμένες λεκάνες των ζωνών Δίρφυος και στενού Ωρεών. Γενικότερα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και το στάδιο εξέλιξης της αποστράγγισης στην περιοχή μελέτης είναι ευαίσθητα στην πρόσφατη ενεργό τεκτονική δραστηριότητα αφού οι κλιματολογικές και λιθολογικές συνθήκες είναι ίδιες (η ζώνη Ωρεών διαφοροποιείται λιθολογικά και αξιολογείται χωριστά). Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη (που χαρακτηρίζουν τις περισσότερες υπό μελέτη λεκάνες) είναι πιθανό να σχετίζονται με πρόσφατη ενεργό τεκτονική, ενώ οι χαμηλότερες τιμές (που αφορούν περιορισμένο αριθμό λεκανών) είναι χαρακτηριστικές τοπίων όπου η διάβρωση έχει προχωρήσει (υπερτερεί έναντι της τεκτονικής ανύψωσης) εξομαλύνοντας το ανάγλυφο. Επιπλέον υπολογίστηκαν οι τιμές λοξότητας και κύρτωσης των υψομετρικών καμπυλών με τις τιμές της πρώτης να κυμαίνονται από -0,50 έως 0,43 και τις τιμές της δεύτερης από -1,48 έως -1,0.

Ακολούθως σχεδιάστηκε το διάγραμμα της λοξότητας των υψομετρικών καμπυλών (Σχήμα 6.23α) στο οποίο έχουν επισημανθεί οι λεκάνες απορροής (No25, 45, 70, 80, 87, 95, 97, 102, 118, 123, 125, 167 και 177) που παρουσιάζουν θετική λοξότητα, η οποία σύμφωνα με τους Luo (2000) και Harlin (1978) φανερώνει αυξημένη δράση της οπισθοδρομούσας διάβρωσης στα απώτερα ανάντη τμήματα της λεκάνης απορροής καθώς και το διάγραμμα κύρτωσης (Σχήμα 6.23 (β) στο οποίο έχουν επισημανθεί οι λεκάνες απορροής (No39, 70, 83, 98, 123 και 177) που παρουσιάζουν μεμονωμένα υψηλές (αυξημένες) τιμές, το οποίο σύμφωνα με τους Pérez-Peña

et al. (2009a,b), Luo (2000) και Harlin (1978), φανερώνει αυξημένη διάβρωση τόσο στα ανάντη όσο και στα κατάντη απώτερα τμήματα της λεκάνης και άρα αυξημένη τεκτονική δραστηριότητα.

Τέλος προκειμένου να διαφοροποιηθούν περιοχές με βάση την επίδραση της σχετικής ανύψωσης και βύθισης στη διαμόρφωση της μορφολογίας τους, χρησιμοποιήθηκαν δύο μεταβλητές, ήτοι το υψομετρικό ολοκλήρωμα και οι τιμές της κλίσης των λεκανών απορροής, ακολουθώντας τη μεθοδολογία των Ruszkiczay-Rüdiger et al. (2009). Σχεδιάστηκε το διάγραμμα του σχήματος 6.24 όπου με βάση τις τιμές των αναφερόμενων μεταβλητών διακρίθηκαν τρεις (3) ομάδες λεκανών απορροής:

- η ομάδα I χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές και στις δύο παραμέτρους και αντιστοιχεί σε ομαλές μορφολογικά περιοχές. Σε αυτή εντοπίζονται όλες οι λεκάνες τις ζώνης στενού Ωρεών και οι νοτιότερες της ζώνης Κανδηλίου (Νο 70 και 75),
- η ομάδα II χαρακτηρίζεται από μέτριες έως υψηλές τιμές κλίσης και μέτριες τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος. Η τοπογραφία των λεκανών της ομάδας αυτής της είναι λίγο πιο ήπια από αυτή των λεκανών της ομάδας III. Τα χαρακτηριστικά αυτού του αναγλύφου εντοπίζονται στο νότιο τήμα της ζώνης Τελέθριου (λεκάνη Νο45) καθώς και στις νοτιότερες και βορειότερες περιοχές της ζώνης Δίρφυος (λεκάνες Νο 80, 86, 87, 88 και Νο95, 97, 118, 124, 125),
- η ομάδα III περιλαμβάνει λεκάνες που χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος και μέτριες έως υψηλές τιμές κλίσης και αντιστοιχούν σε περιοχές περισσότερο κατατμημένες, υποδηλώνοντας υψηλότερη τεκτονική δράση. Οι λεκάνες απορροής που ανήκουν στην ομάδα αυτή είναι της ζώνης Τελέθριου (εκτός της Νο45 που ανήκει στην ομάδα II), οι δύο βορειότερες της ζώνης Κανδηλίου (Νο65 και Νο67) και οι περισσότερες της ζώνης Δίρφυος (Νο81, 82, 83, 89, 96, 98, 101, 102, 115, 117, 122 και 123).

(i) Ζώνη Δίρφυος

Οι υψομετρικές καμπύλες της ζώνης (Σχήμα 6.22α) έχουν διάφορες μορφές από κυρτή έως κοίλη, με τις περισσότερες όμως και κυρίως αυτές του ΝΑ τμήματος της ζώνης να είναι κυρτές φανερώνοντας ανύψωση του ανερχόμενου τεμάχους κατά το Τεταρτογενές και άρα υψηλούς ρυθμούς κατά βάθος διάβρωσης. Αυτό φαίνεται και από τη χωρική κατανομή των τιμών του

δείκτη (Σχήμα 6.25α) όπου οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στο ΝΑ τμήμα, υψηλές στο ΒΑ ενώ οι χαμηλότερες χαρακτηρίζουν το κέντρο της ρηξιγενούς ζώνης. Οι λεκάνες Νο81, 82 και 83 παρουσιάζουν τα πιο κυρτά προφίλ και τις πιο απότομες κλίσεις στο κατάντη κατώτερο σημείο της λεκάνης απορροής. Οι τελευταίες παρουσιάζουν και τις χαμηλότερες τιμές λοξότητας (Σχήμα 6.23α) σε απόκριση των υψηλών τιμών υψομετρικού ολοκληρώματος υποδεικνύοντας περιορισμένη διάβρωση στο ανώτερο (ανάντη) τμήμα της λεκάνης. Στη λεκάνη απορροής Νο83 φαίνεται πως μετά από μια περίοδο ισχυρής οπισθοδρομούσας διάβρωσης, έγινε σύλληψη του ανώτερου τμήματος κάποιου δικτύου και η διάβρωση έπαψε ανάντη στο ανώτερο τμήμα και μεταφέρθηκε κατάντη (πιθανά λόγω αλλαγής/αύξησης της παροχής καθώς αυξήθηκε η έκταση της λεκάνης αποστράγγισης) προκαλώντας αυξημένη διάβρωση στην έξοδο.

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

Οι λεκάνες απορροής της ζώνης αυτής (Σχήμα 6.22β), έχουν υψομετρικές καμπύλες γενικής μορφής σχήματος “S”, που πιθανά βρίσκονται στο στάδιο ωριμότητας, δηλαδή η διάβρωση ήταν έντονη στα υψηλότερα τμήματα της λεκάνης απορροής, επηρεάζοντας αντίστοιχα την κλίση της καμπύλης που αντιστοιχεί στο τμήμα αυτό. Η λεκάνη Νο70 παρουσιάζει αυξημένη λοξότητα και κυρτότητα (Σχήματα 6.23α και β) που αποτελεί ένδειξη ισχυρών διαβρωτικών διεργασιών τόσο στο κατάντη όσο και στο ανάντη τμήμα της λεκάνης, υποδηλώνοντας και αυξημένη τεκτονική δράση. Η χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη (Σχήμα 6.25β) οδηγεί στη διαπίστωση πως οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στο νότιο τμήμα της ζώνης ενώ οι υψηλότερες αμέσως βορειότερα.

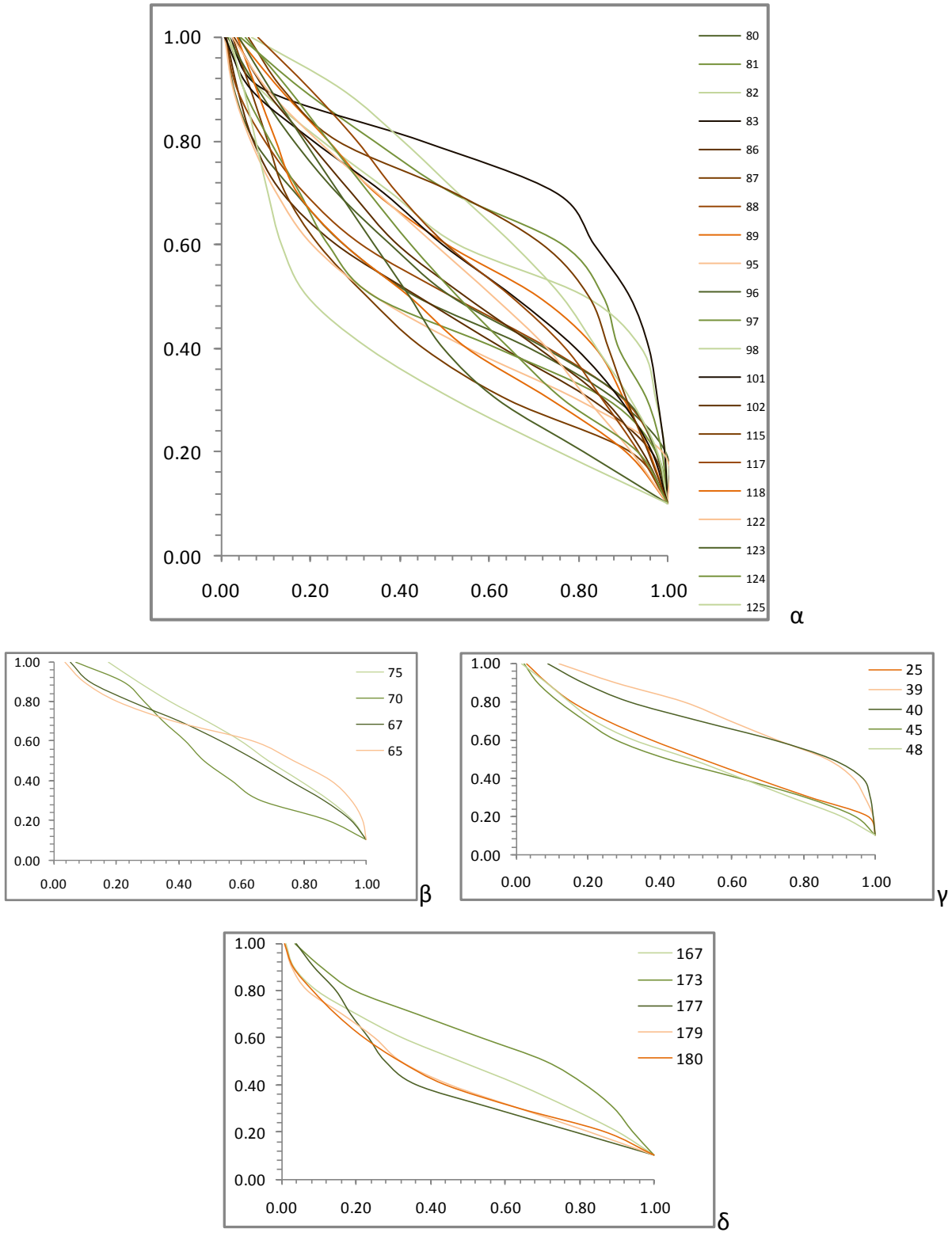
(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

Οι υψομετρικές καμπύλες της ζώνης αυτής (Σχήμα 6.22γ) είναι από κυρτές έως μορφής ”S” στο ΒΔ έως κεντρικό τμήμα αυτής υποδηλώνοντας έναν μέτριο έως υψηλό ρυθμό κατά βάθους διάβρωσης που αντιστοιχεί στο στάδιο ωριμότητας έως νεότητας. Αντίθετα στο ΝΑ τμήμα που αντιστοιχεί στη ζώνη Τελέθριου η κοίλη μορφή των καμπύλων αποτελεί ένδειξη πως αυτές οι λεκάνες απορροής διανύουν το στάδιο γήρατος. Η χωρική κατανομή των τιμών του υψομετρικού ολοκληρώματος του σχήματος 6.25γ φανερώνει επίσης αυτή τη χωρική μεταβολή των ρυθμών διάβρωσης που όμως φαίνεται να είναι μικρή όπως και το εύρος των

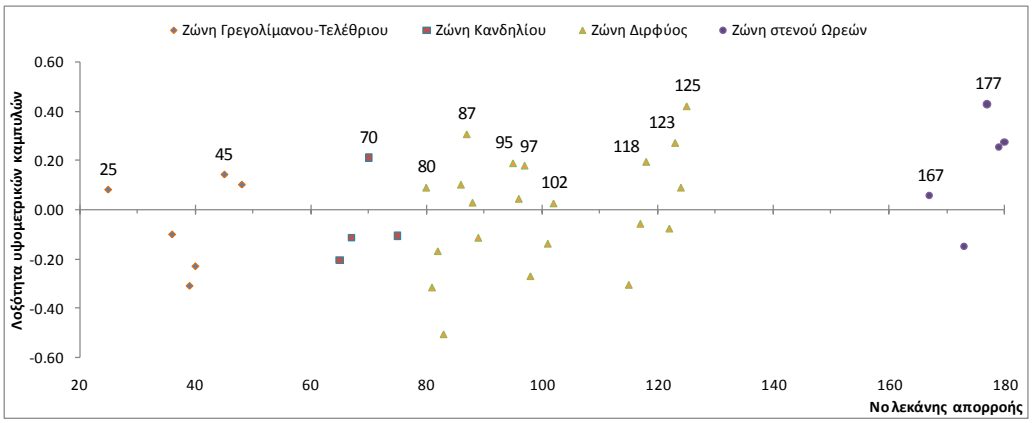
τιμών του δείκτη. Από τα διαγράμματα λοξότητας και κυρτότητας (Σχήματα 6.23α και β) δεν είναι δυνατή η εξαγωγή αξιόλογων συμπερασμάτων.

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

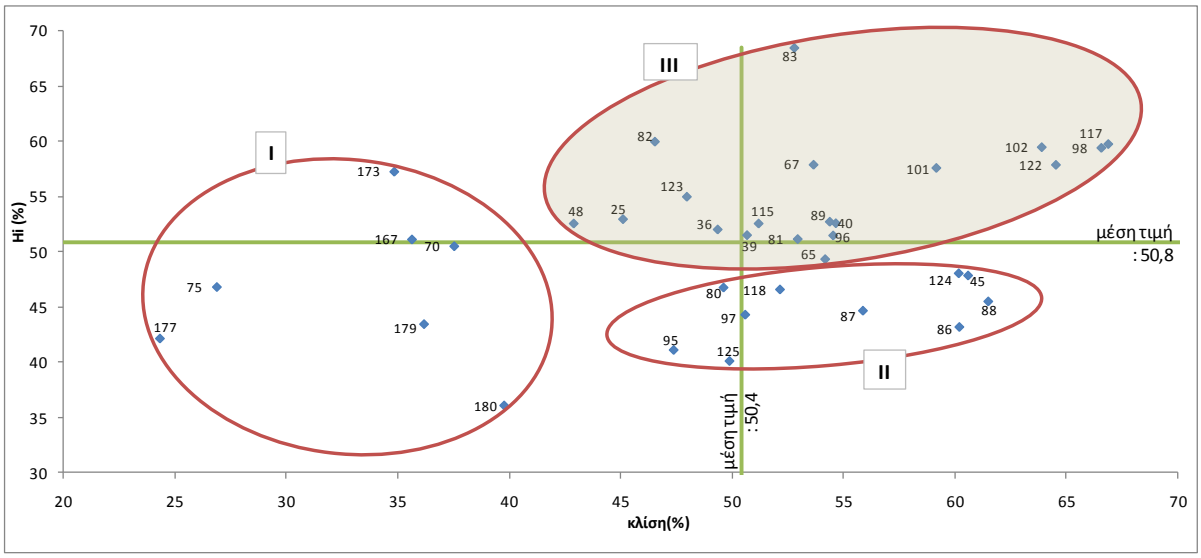
Οι υψομετρικές καμπύλες των λεκανών της ζώνης αυτής (Σχήμα 6.22δ), φανερώνουν ότι βρίσκονται σε ένα ενδιάμεσο στάδιο εξέλιξης μεταξύ νεότητας και ωριμότητας στο ανατολικό τμήμα. Αντίθετα στο δυτικό τμήμα της περιοχής, το κοίλο προφίλ των λεκανών αντιστοιχεί στο στάδιο γήρατος. Από τις τρεις τελευταίες λεκάνες του δυτικού τμήματος των οποίων τα προφίλ είναι παρόμοια (όπως και οι τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος) και λαμβάνοντα υπόψη τις τιμές της κυρτότητας και λοξότητας (Σχήματα 6.23α και β) ξεχωρίζει η λεκάνη No177 η οποία παρουσιάζει υψηλές τιμές και είναι πιθανό να συνδέεται με πιο ενεργές τεκτονικά δομές σε σχέση με άλλες δύο. Αναφορικά με τις τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος των λεκανών απορροής της ζώνης αξίζει να σημειωθεί πως παρουσιάζουν μεγάλο εύρος και μία μείωση από ΒΑ προς ΝΔ (Σχήμα 6.25δ).



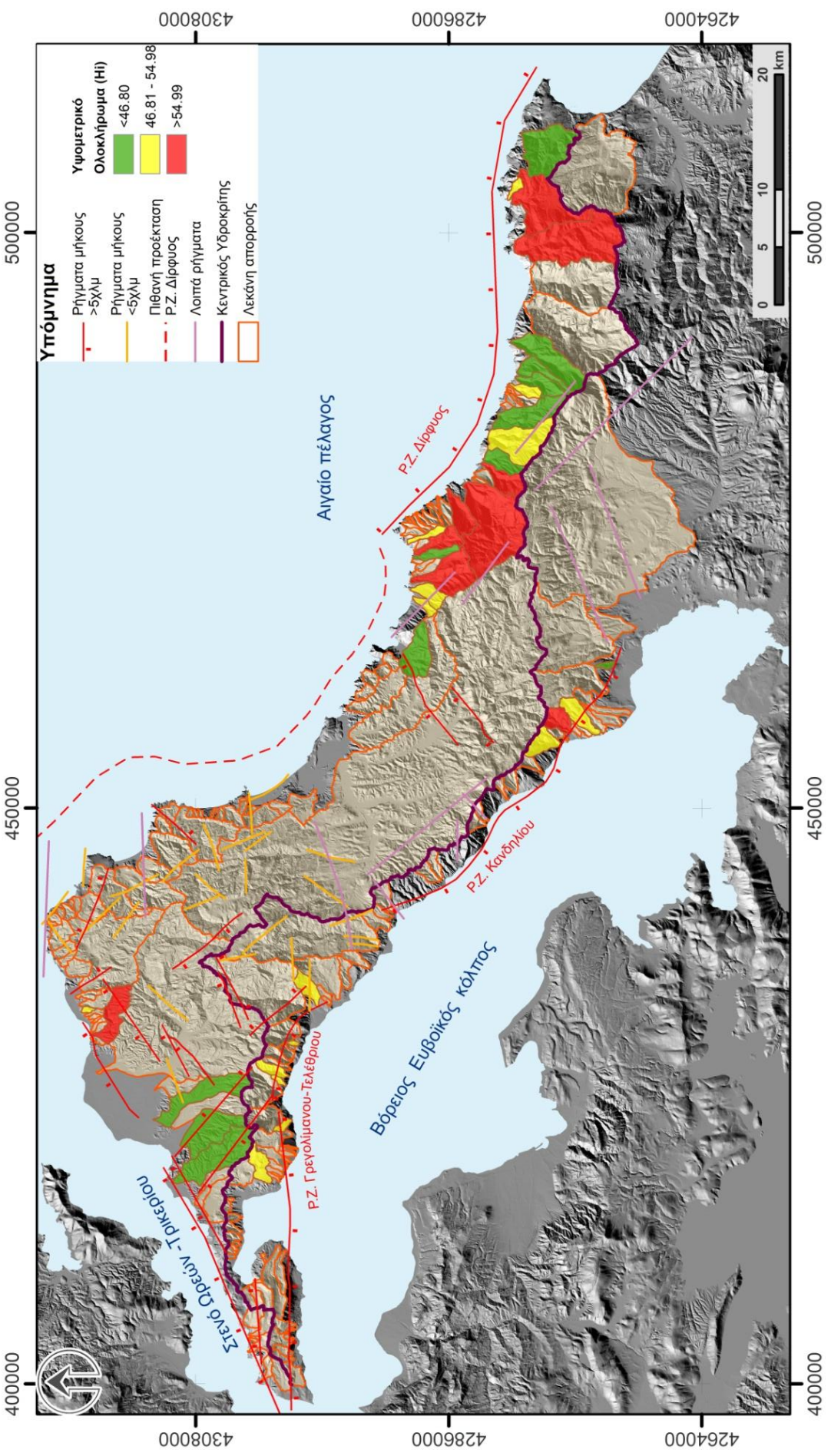
Σχήμα 6.22. Συγκεντρωτικά οι υψομετρικές καμπύλες των λεκανών απορροής ανά ζώνη (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών) (αναλυτικά η καμπύλη κάθε λεκάνης φαίνεται στο σχήμα Π. 8).



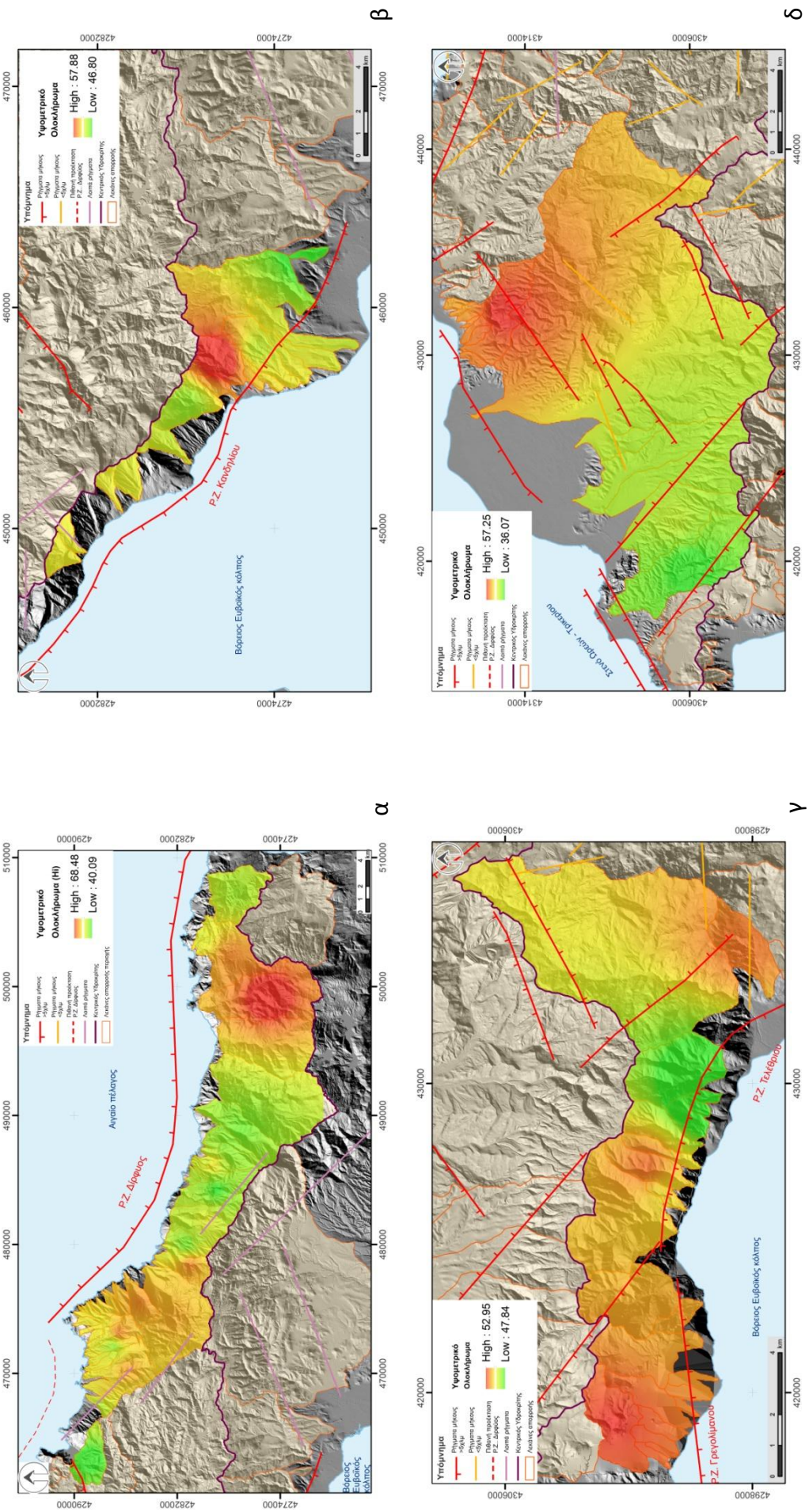
Σχήμα 6.23. Διαγράμματα τιμών (α) λοξότητας και (β) κύρτωσης υψομετρικών καμπυλών για κάθε υπό μελέτη λεκάνη απορροής ανά ζώνη.



Σχήμα 6.24. Διάγραμμα τιμών υψομετρικού ολοκληρώματος των λεκανών απορροής σε συνάρτηση των τιμών της μέσης κλίσης τους. Οι αριθμοί αφορούν στην αρίθμηση (Νο) των λεκανών απορροής ενώ οι λατινικοί χαρακτήρες I, II, III αντιστοιχούν στις ομάδες που δημιουργήθηκαν. Η σκιαγραφημένη ομάδα III αντιστοιχεί σε λεκάνες με υψηλές τιμές υψομετρικού ολοκληρώματος και κλίσης.



Σχήμα 6.25. Χωρική κατανομή δείκτη υψομετρικού ολοκληρώματος των λεκανών απορροής όλων των ζωνών (βλέπε κείμενο για τρόπο ταξινόμησης).



Σχήμα 6.26. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής κάθε ζώνης με βάση το υψομετρικό ολοκλήρωμα (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1.

6.3.2.6 Αποτελέσματα εκτίμησης του Δείκτη εκτίμησης σχήματος λεκάνης απορροής (Bs)

Οι τιμές του δείκτη σχήματος λεκάνης για τις υπό μελέτη λεκάνες απορροής κυμαίνονται από 0,25 έως 7,33 (η χαμηλότερη τιμή απαντάται στη ζώνη Κανδηλίου και η μεγαλύτερη στη ζώνη στενού Ωρεών) και ταξινομούνται σε τρεις (3) κατηγορίες (Πίνακας 6.4). Η πρώτη κατηγορία που περιλαμβάνει υψηλές τιμές (>4,124) σχετίζεται με πιο νέες λεκάνες και περιλαμβάνει κυρίως αυτές της ζώνης Κανδηλίου, ορισμένες της ζώνης Δίρφυος και μία της ζώνης στενού Ωρεών. Στη δεύτερη ομάδα (1,807<Bs≤4,124) ανήκουν λεκάνες κυρίως της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου, στενού Ωρεών και ζώνης Δίρφυος. Η τρίτη κατηγορία με τις χαμηλότερες τιμές (≤1,807) χαρακτηρίζει περισσότερο κυκλικής μορφής λεκάνες απορροής και σε αυτή ανήκουν ορισμένες λεκάνες του ΒΑ τμήματος της ζώνης Δίρφυος (Σχήμα 6.27).

(i) Ζώνη Δίρφυος

Στο σχήμα 6.28α φαίνεται η χωρική διαβάθμιση των τιμών του δείκτη Bs στη ζώνη Δίρφυος. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στο νότιο και στο βόρειο τμήμα της ζώνης — με παρεμβολές όμως χαμηλών τιμών και στις δύο περιοχές — ενώ το εύρος των τιμών είναι αρκετά μεγάλο, αντίστοιχο σχεδόν του εύρους των τιμών όλης της περιοχής μελέτης.

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

Η γεωγραφική κατανομή των τιμών του δείκτη Bs για τη ζώνη Κανδηλίου φαίνεται στο σχήμα 6.28β. Οι νέες λεκάνες με τις υψηλότερες τιμές συγκεντρώνονται στο κέντρο της ρηξιγενούς ζώνης, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στο νότιο άκρο της ζώνης ενώ των μέτριων τιμών λεκάνες χαρακτηρίζουν το βόρειο τμήμα της ζώνης. Το εύρος των τιμών όπως και στη ζώνη Δίρφυος για το συγκεκριμένο δείκτη είναι αρκετά μεγάλο για τη ζώνη αυτή.

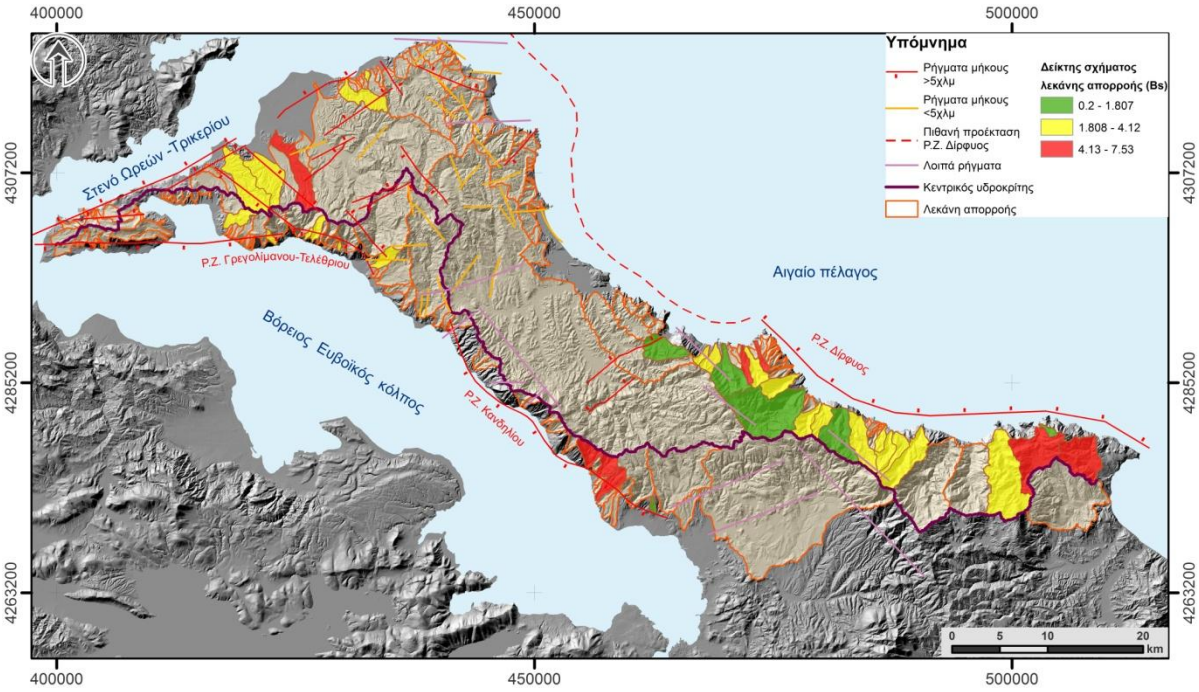
(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

Στο σχήμα 6.28γ παρουσιάζεται η χωρική διαβάθμιση των τιμών του δείκτη σχήματος για τις λεκάνες της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου όπου παρατηρείται συγκέντρωση των υψηλότερων τιμών στο μέσο της ζώνης – συγκεκριμένα στο βορειότερο τμήμα της ζώνης Τελέθριου. Οι λεκάνες με τις χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στο βορειότερο άκρο της ζώνης Γρεγολίμανου. Να

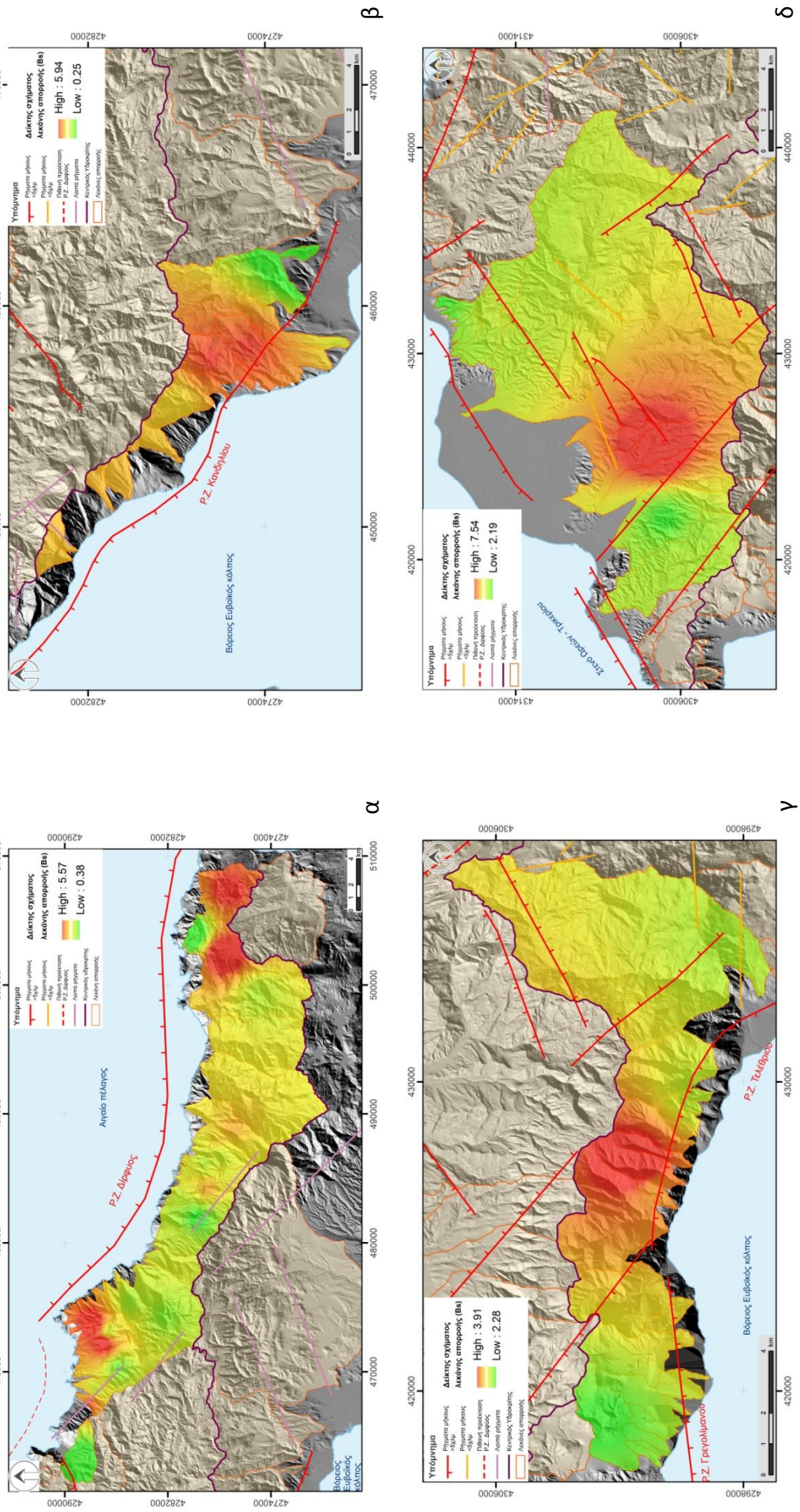
σημειωθεί πως το εύρος των τιμών του δείκτη είναι μικρό σε αντίθεση με τα εύρη των υπολοίπων ζωνών.

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

Η κατανομή των τιμών του δείκτη Bs στη ζώνη στενού Ωρεών απεικονίζεται στο σχήμα 6.28δ. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα της ζώνης (συγκεκριμένα δυτικά του μεγάλου δελταϊκού ριπιδίου που έχει διαμορφωθεί από τον Ξηροπόταμο στις εκβολές του), ενώ οι λεκάνες με τις χαμηλότερες τιμές του δείκτη παρατηρούνται στο ανατολικό και δυτικό άκρο της ζώνης.



Σχήμα 6.27. Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη σχήματος λεκάνης (Bs) των λεκανών απορροής όλων των ζωνών (για τρόπο ταξινόμησης βλέπε κείμενο).



Σχήμα 6.28. Ταξινόμηση των λεκανών απορροής κάθε ζώνης με βάση το δείκτη σχήματος λεκάνης (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρηγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται σχήμα 6.1.

6.3.2.7 Αποτελέσματα εκτίμησης δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf)

Η χάραξη των ορεογραφικών μετώπων (με τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε παραπάνω), οι θέσεις των οποίων φαίνονται στο σχήμα 6.30, προηγήθηκε του υπολογισμού του δείκτη Smf. Χαράχθηκαν 23 μέτωπα (που αντιστοιχούν σε μία έως τέσσερις λεκάνες απορροής) και τα χαρακτηριστικά του κάθε μετώπου συγκεντρώνονται στον πίνακα 6.3.

Η πιο χαμηλή τιμή του δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (1,103) απαντάται σε μέτωπο της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου, ενώ η υψηλότερη (4,537) στο μέτωπο της βορειότερης λεκάνης της ζώνης Δίρφυος. Γενικά, οι υψηλότερες τιμές του δείκτη απαντώνται στη ζώνη στενού Ωρεών υποδηλώνοντας πως εκεί ευνοούνται οι διεργασίες διάβρωσης, ενώ οι χαμηλότερες στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου όπου φαίνεται να υπερισχύει η τεκτονική ανύψωση δημιουργώντας σχετικά ευθείς πρόποδες. Μετά την ταξινόμηση των τιμών (Σχήμα 6.29) φαίνεται πως μέτωπα της πρώτης κατηγορίας, που περιλαμβάνει χαμηλές τιμές (≤1,254), εντοπίζονται κυρίως στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου και σε μία λεκάνη στο βόρειο τμήμα της ζώνης Κανδηλίου. Η δεύτερη τάξη περιλαμβάνει μέτωπα με μέτριες τιμές (1,254<Smf≤2,187) τα οποία εντοπίζονται κυρίως στη ζώνη Δίρφυος, στο δυτικό τμήμα της ζώνης στενού Ωρεών και στο νότιο τμήμα της ζώνης Κανδηλίου και τέλος η τρίτη κατηγορία μετώπων με τις υψηλότερες τιμές (>2,187) παρατηρείται στο βόρειο τμήμα της ζώνης Δίρφυος και στο ανατολικό της ζώνης Ωρεών.

Πίνακας 6.3. Ορεογραφικά μέτωπα της περιοχής μελέτης (ανά ζώνη) βάσει των οποίων υπολογίστηκε ο δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (οι θέσεις των μετώπων φαίνοναι στο σχήμα 6.30). Ο πίνακας περιλαμβάνει τις τιμές του δείκτη καθώς και τις λεκάνες απορροής στα κατάντη τμήματα των οποίων ανανπτύσσονται τα μέτωπα.

	Νούμερο ορεογραφικού μετώπου	Οριζόντια αποσταση συμβολής όρους πρόποδα (χλμ)	Δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf)	*Αριθμός λεκάνης απορροής (No)*
Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου	1	1.22	1.725	25
	2	2.36	1.252	36
	3	2.35	1.103	39, 40
	4	1.59	1.134	45
	5	2.56	1.988	48
Ζώνη Κανδηλίου	6	1.04	1.254	65
	7	3.85	2.079	67, 70
	8	0.93	2.187	75
Ζώνη Διρφύος	9	1.04	1.725	80
	10	1.05	1.845	81, 82
	11	0.55	1.848	83
	12	6.35	2.182	86
	13	1.44	1.911	87, 88, 89
	14	2.51	1.645	95, 96
	15	4.2	2.071	97, 98, 101, 102
	16	1.77	2.879	115, 117, 118
	17	0.53	2.585	122
	18	0.97	1.862	123, 124
	19	1.59	4.537	125
Ζώνη στενού Ωρεών	20	5.05	2.819	167, 173
	21	1.67	2.519	177
	22	1.08	2.161	179
	23	1.02	1.677	180

(i) Ζώνη Δίρφυος

Οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη Smf για τη ζώνη Δίρφυος εντοπίζονται στα ορεογραφικά μέτωπα του νοτιότερου τμήματος της ζώνης ενώ παρουσιάζεται μία τάση αύξηση των τιμών προς τα βόρεια. Η περιοχή βορειότερα της λεκάνης απορροής No102 (εκτός των θέσεων No 123 και 124) χαρακτηρίζεται από τιμές του δείκτη αρκετά μεγαλύτερες της τιμής 2 και άρα μπορεί να αποτελεί ένδειξη περιοχής τεκτονικής σταθερότητας.

(ii) Ζώνη Κανδηλίου

Η ζώνη Κανδηλίου σύμφωνα με τις τιμές του δείκτη Smf για τη ζώνη Κανδηλίου τη χωρίζουν σε δύο τμήματα. Το βόρειο τμήμα που περιλαμβάνει το μέτωπο με τη χαμηλότερη τιμή του δείκτη

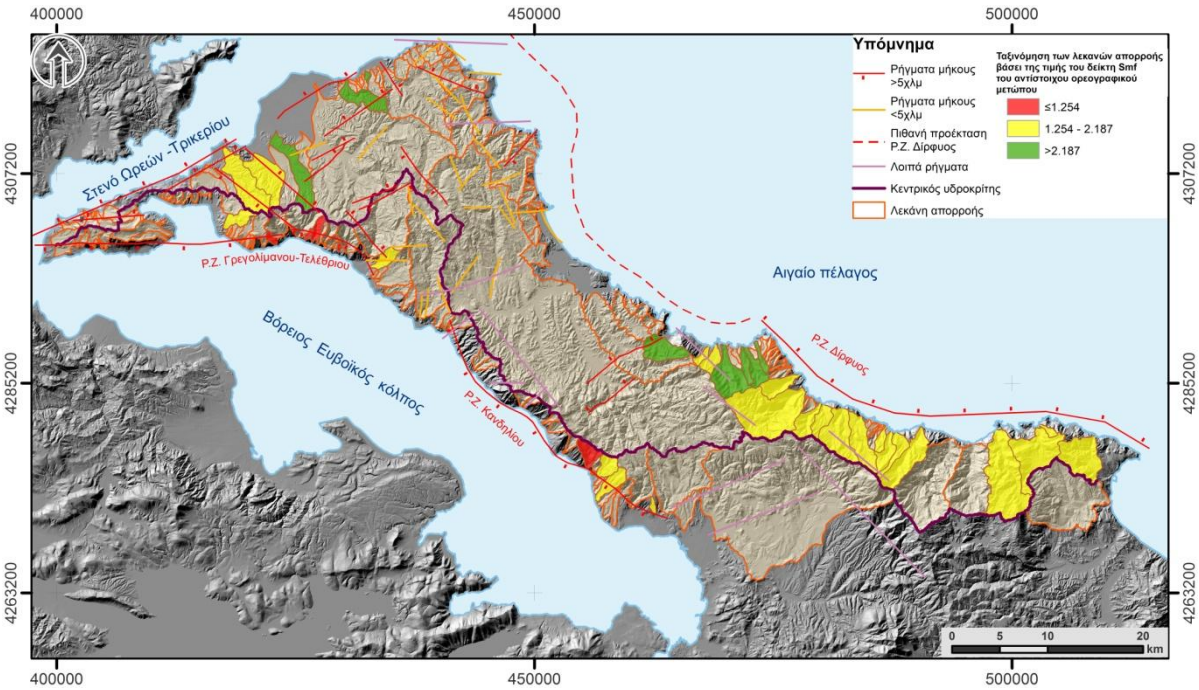
(που αντιστοιχεί στη λεκάνη Νο65) σχετίζεται με υψηλή ενεργό τεκτονική δραστηριότητα. Στο νότιο τμήμα οι τιμές του δείκτη βρίσκονται πλησίον της τιμής 2 και αποτελούν ένδειξη μέτριας έως χαμηλής τεκτονικής δραστηριότητας.

(iii) Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου

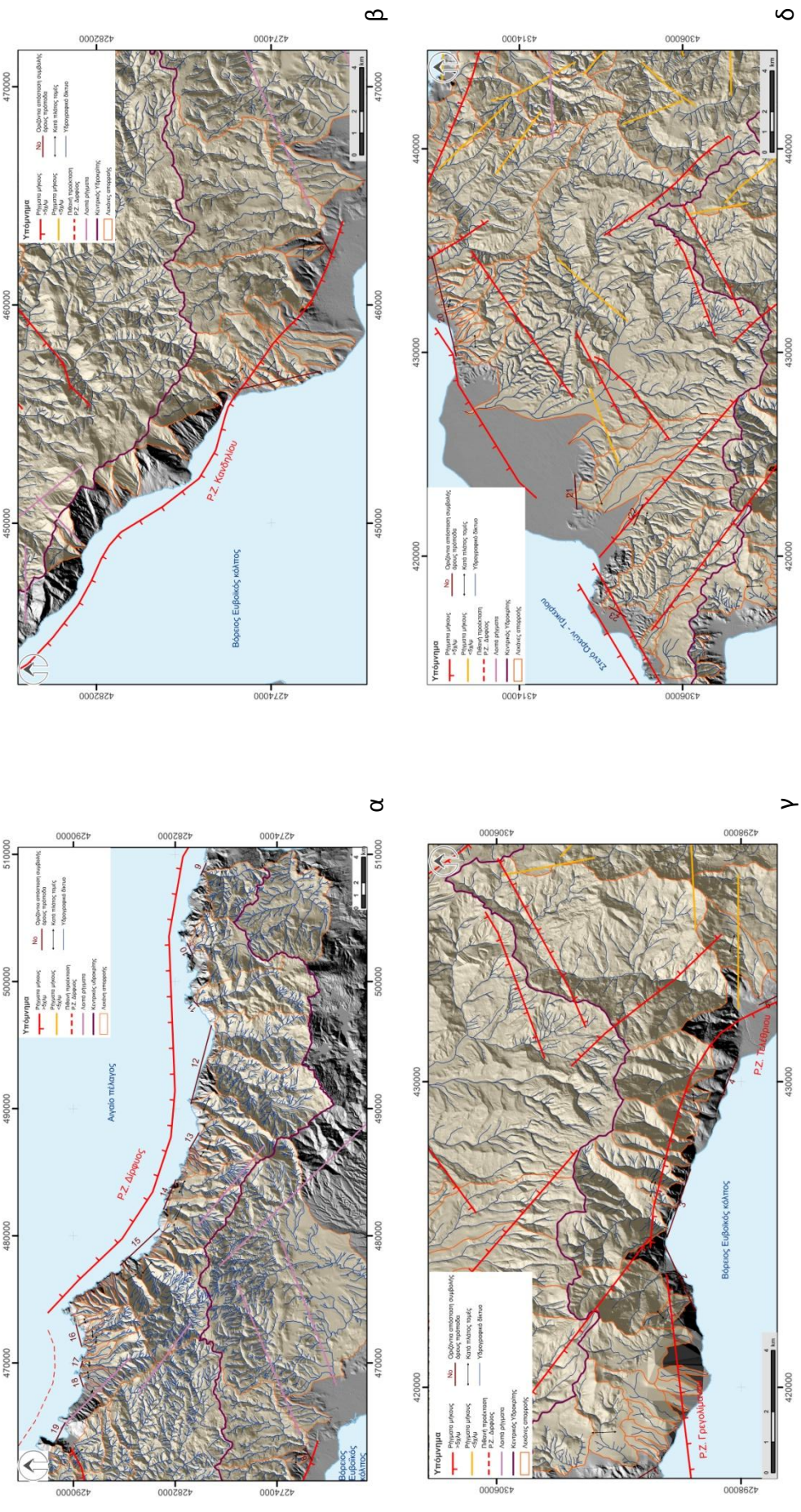
Ο δείκτης Smf στη ζώνη Γρεγολίμανου παρουσιάζει μία μείωση των τιμών στο κέντρο της ζώνης και συγκεκριμένα στα μέτωπα που αντιστοιχούν στις λεκάνες Νο36-45. Η μείωση αυτή των τιμών αποτελεί ένδειξη διαμόρφωσης των μορφολογικών χαρακτηριστικών των ορεογραφικών μετώπων από υψηλή ενεργό τεκτονική δραστηριότητα. Τα χαρακτηριστικά των μετώπων στις απολήξεις της ζώνης (λεκάνες Νο25 και 48) σχετίζονται με μέτρια τεκτονική δραστηριότητα αφού οι τιμές κυμαίνονται από 1,8-2,0.

(iv) Ζώνη στενού Ωρεών

Οι τιμές του δείκτη Smf στη ζώνη Ωρεών παρουσιάζουν μείωση προς τα δυτικά, όπου στο μέτωπο που αντιστοιχεί στη λεκάνη απορροής Νο180 η τιμή είναι 1,68. Σε όλες τις άλλες θέσεις των μετώπων οι τιμές του δείκτη είναι μεγαλύτερες του 1,8 και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν ένδειξη χαμηλής τεκτονικής δραστηριότητας.



Σχήμα 6.29. Χωρική κατανομή του δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf). Οι τιμές έχουν αποδοθεί στις λεκάνες απορροής που αντιστοιχούν σε κάθε ορεογραφικό μέτωπο, προκειμένου να είναι ευδιάκριτη η διαφοροποίηση ανά ζώνες (για τρόπο ταξινόμησης βλέπε κείμενο).



Σχήμα 6.30. Θέσεις εγκάρσιων στις κοιλάδες τομών για τον υπολογισμό δείκτη λόγου πλάτους προς ύψος κοιλάδας και θέσεις ορεογραφικών μετώπων στα οποία υπολογίστηκε ο δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Καντηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1.

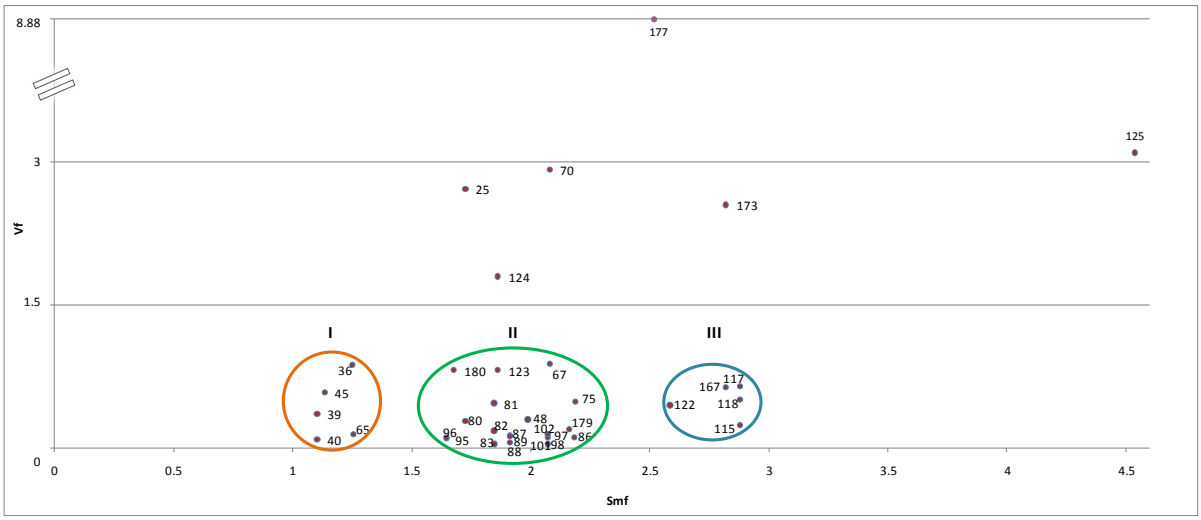
6.3.3 Εντοπισμός ενεργών μετώπων με βάση τη σύγκριση δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου (Smf) και δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος (Vf)

Ο συνδυασμός των δεικτών Smf και Vf είναι πολύ χρήσιμος στον καθορισμό της τεκτονικής δραστηριότητας ενός μετώπου όπως έχει φανεί από πολλές σχετικές μελέτες σε διάφορες περιοχές παγκοσμίως (π.χ. Bull & McFadden, 1977; Keller & Pinter, 2002; Silva et al., 2003; Verrios et al., 2004). Πρώτοι οι Bull & McFadden (1977) πρότειναν τρεις (1 έως 3) τάξεις δραστηριότητας βάσει των τιμών των παραμέτρων αυτών, ήτοι τα ενεργά μέτωπα με τις χαμηλότερες τιμές (Smf<1,6 και Vf<0,5), τα μέτωπα μέτριας δραστηριότητας και τα ανενεργά μέτωπα. Μεταγενέστερες μελέτες όπως αυτή των Rockwell et al. (1984) έδειξαν πως για τη δημιουργία ενεργών μετώπων, με ρυθμό ανύψωσης 0,4-0,5 m/Ka, αρκούν τιμές Smf<1,4 και Vf<1, ενώ η πιο πρόσφατη μελέτη των Silva et al. (2003) που αφορούσε 17 ορεογραφικά μέτωπα της ΝΑ Ισπανίας, τα χωρίζει με βάση την τεκτονική δραστηριότητα σε: τεκτονική τάξη 1 (τεκτονικά ενεργά μέτωπα) με Vf<0,6 και Smf<1,5, τάξη 2 (μέτρια ενεργά μετωπα) με 0,3<Vf<0,8 και 1,8<Smf<2,3 και σε τάξη 3 (ανενεργά μετωπα) με Vf≥0,8 και Smf≥2,8. Επιπλέον συνέδεσαν την κάθε τάξη με ρυθμούς τεκτονικής ανύψωσης, οι οποίοι είναι αντίστοιχα για την κάθε μία: ρυθμός 1^{ης} τάξης ≥0,08 m/Ka, ρυθμός 2^{ης} τάξης 0,07-0,03 m/ka και ρυθμός 3^{ης} τάξης <0,03 m/ka.

Για τη συγκριτική μελέτη των δύο παραμέτρων στην περιοχή μελέτης σχεδιάστηκε το διάγραμμα του σχήματος 6.31 από το οποίο προέκυψαν τρεις (3) ομάδες οι οποίες έχουν όλες τιμή Vf≤0,88 και διαφοροποιούνται ως προς τις τιμές δείκτη Smf; οπότε η ομάδα Ι έχει τιμές Smf <1,254 (υψηλή ενεργός τεκτονική), η ομάδα ΙΙ με τιμές 1,5<Smf <2,187 (μέτρια ενεργός τεκτονική) και η ομάδα ΙΙΙ με τιμές 2,5<Smf<3,0 (χαμηλή ενεργός τεκτονική). Επίσης, μεμονωμένες περιπτώσεις στο ίδιο διάγραμμα αποτελούν ακραίες τιμές κυρίως της παραμέτρου Vf (μόνο η Νο 125 ως προς Smf) και δεν εντάσσονται σε κάποια από τις ομάδες που προέκυψαν από το διάγραμμα (Νο25, 70, 124, 125, 173, 177). Οι περισσότερες θέσεις μέτρησης για την περιοχή μελέτης αντιστοιχούν σε μέτρια έως υψηλή ενεργό τεκτονική δραστηριότητα. Αναλυτικά στην ομάδα Ι ανήκουν τα μέτωπα και οι κοιλάδες που αντιστοιχούν στις λεκάνες της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου (εκτός από τις 25 και 48), στην ομάδα ΙΙ ανήκουν κυρίως τα μέτωπα και οι κοιλάδες που αντιστοιχούν στις λεκάνες της ζώνης

Δίρφυος έως τη λεκάνη απορροής No102 και τέλος στην ομάδα III ανήκουν τα μέτωπα και οι κοιλάδες που αντιστοιχούν στις βορειότερες λεκάνες της ζώνης Δίρφυος (No115, 117, 118, 122) και η No167 από τη ζώνη στενού Ωρεών. Τα μέτωπα και οι κοιλάδες που αντιστοιχούν στις λεκάνες της ζώνης Κανδηλίου μοιράζονται στις ομάδες I και II.

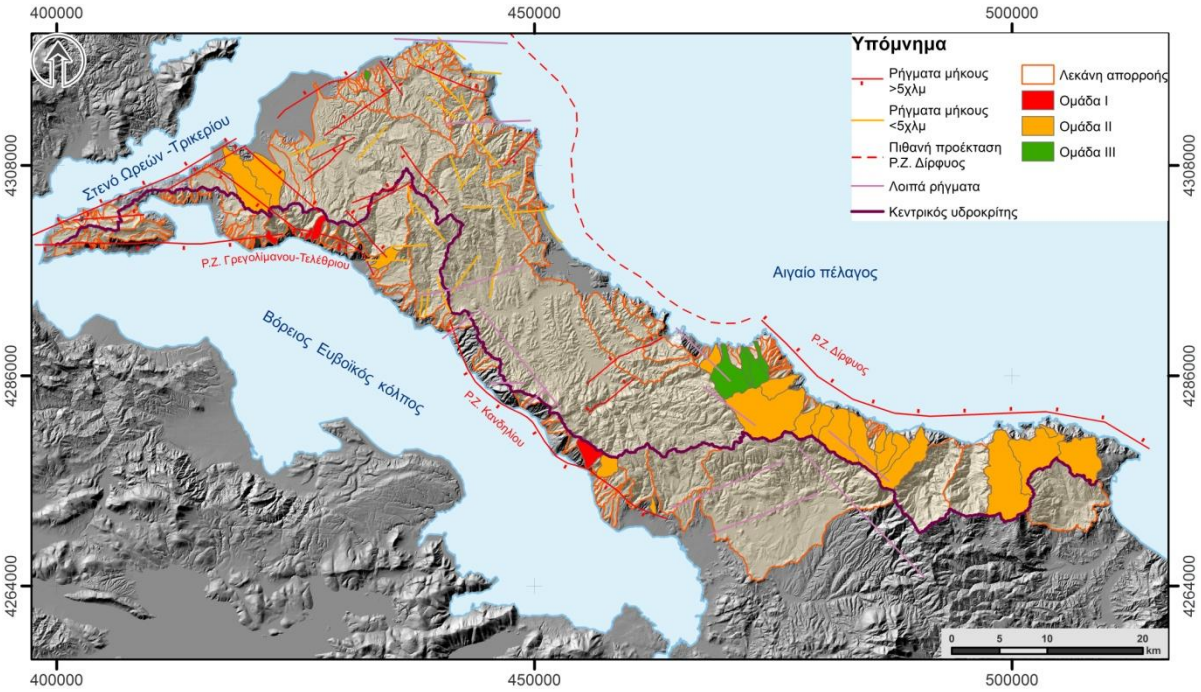
Από την ταξινόμηση αυτή συμπεραίνεται πως η τεκτονική δραστηριότητα είναι υψηλότερη (ή παρουσιάζεται η πιο πρόσφατη ανύψωση) στο κεντρικό τμήμα της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου (λεκάνες απορροής No36, 39, 40 και 45) και στο βόρειο τμήμα της ζώνης Κανδηλίου (στη λεκάνη απορροής No65) και ακολούθως μέτρια τεκτονική, σε σχέση με το σύνολο της περιοχής, παρατηρείται στο νότιο τμήμα της ζώνης Δίρφυος (λεκάνες No80-102) και στο δυτικό της ζώνης στενού Ωρεών, ενώ το βόρειο τμήμα της ζώνης Δίρφυος φαίνεται λιγότερο ενεργό σε σύγκριση με τα υπόλοιπα τμήματα με βάση την εν λόγω ταξινόμηση. Η κατανομή φαίνεται αναλυτικά στο χάρτη του σχήματος 6.32.



Σχήμα 6.31. Διάγραμμα τιμών Smf - Vf στο οποίο φαίνονται οι ομάδες που αντιπροσωπεύουν το σχετικό βαθμό τεκτονικής δραστηριότητας, με την τάξη I να είναι η περισσότερο τεκτονικά ενεργή (πορτοκαλί κύκλος).

6.3.4 Υπολογισμός σύνθετων δεικτών που έχουν προταθεί παγκοσμίως

Οι ποσοτικές μετρήσεις μεμονωμένων δεικτών μορφοτεκτονικής, όπως ήδη έχει περιγραφεί αναλυτικά στην παράγραφο της μεθοδολογίας 6.2.3, δίνουν στοιχεία για τη σχετική τεκτονική δραστηριότητα, αλλά τα αποτελέσματα των συνδυασμών αυτών των δεικτών είναι δυνατό να οδηγήσουν στην ανάπτυξη ενός πιο σταθερού συστήματος ταξινόμησης της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας μιας περιοχής.



Σχήμα 6.32. Χωρική κατανομή των τριών ομάδων (μετώπων) όπως προέκυψαν από τη σύγκριση των παραμέτρων Smf και Vf (στο χάρτη δε σημειώνονται οι ακραίες τιμές).

Οι τέσσερις σύνθετοι δείκτες που υπολογίστηκαν λαμβάνουν υπόψη επτά (7) παραμέτρους (ταξινομημένες σε τρεις (3) κατηγορίες) με τους δείκτες Vf και Af κοινούς και τις άλλες παραμέτρους να χρησιμοποιούνται ή όχι στους υπολογισμούς του κάθε σύνθετου δείκτη σύμφωνα με τον πίνακα 6.2. Από το μέσο όρο των τεσσάρων σύνθετων δεικτών (Πίνακας Π. 9) για κάθε λεκάνη απορροής και την επανα-ταξινόμηση με τη μέθοδο των φυσικών διακοπών (σε τέσσερις (4) τάξεις) προκύπτει το διάγραμμα και ο χάρτης του σχήματος 6.33 όπου φαίνεται πως πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου (λεκάνες απορροής No39, 40), στο βόρειο τμήμα της ζώνης Κανδηλίου (λεκάνη απορροής No 65) και σε τρεις επιμέρους περιοχές κατά μήκος της ζώνης Δίρφυος, στις λεκάνες No82-83, No101, 102, 115 και No123, ενώ η ζώνη στενού Ωρεών βρίσκεται εκτός της τάξης αυτής. Κάνοντας μια κριτική αξιολόγηση σχετικά με τους δείκτες, μπορεί να σημειωθεί πως οι ανωτέρω αναφερόμενες λεκάνες που ανήκουν στην τάξη 1 (πολύ υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας) διανύουν το στάδιο νεότητας, εντός αυτών επικρατεί η διάβρωση έναντι της απόθεσης, έχουν υψηλή ασυμμετρία, είναι πολύ επιμήκεις, το σχήμα της κοιλάδας τους είναι V (στενές και βαθιές κοιλάδες) και εντοπίζονται σε ενεργά ορεογραφικά μέτωπα.

Αναλυτικά, για τις λεκάνες Νο39, 40 και Νο65 υπάρχει συμφωνία (όσον αφορά την υψηλή τεκτονική δραστηριότητα) από την εφαρμογή όλων των σύνθετων δεικτών και το αποτέλεσμα επιβεβαιώνεται επιπλέον και από τη σύγκριση των δεικτών Smf και Vf του κεφαλαίου 6.3.3. Επίσης, ανάλογη συμφωνία (αναφορικά με την υψηλή τεκτονική δραστηριότητα) υπάρχει και για τις λεκάνες Νο82, 83 στους περισσότερους σύνθετους δείκτες, το οποίο επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα του δείκτη SL.

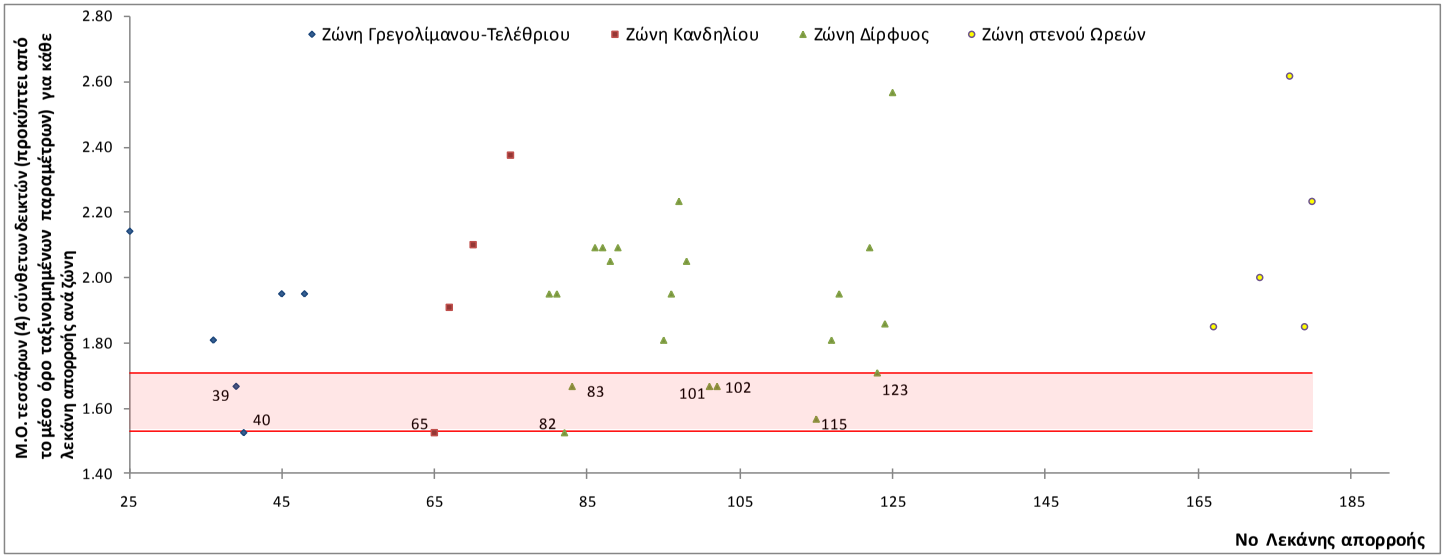
Ακολούθως στο σχήμα 6.34 φαίνεται πως τρεις από τους τέσσερις σύνθετους δείκτες δείχνουν πιο υψηλή τεκτονική δραστηριότητα στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, ακολουθεί η ζώνη Δίρφυος, στη συνέχεια η ζώνη Κανδηλίου και τελευταία φαίνεται η ζώνη στενού Ωρεών. Η ταξινόμηση αυτή, μέσω των μέσων όρων πλέον των σύνθετων δεικτών οδηγεί στην ταξινόμηση των ζωνών που φαίνεται χαρακτηριστικά στο σχήμα 6.35, σύμφωνα με την οποία η ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου έχει την υψηλότερη τεκτονική δραστηριότητα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ζώνες, έπονται οι ζώνες Δίρφυος και Κανδηλίου με μικρή διαφορά και με μεγαλύτερη διαφορά ακολουθεί η ζώνη στενού Ωρεών που φαίνεται να επηρεάζεται από τη χαμηλότερη τεκτονική δραστηριότητα. Η διακύμανση (υψηλή-χαμηλή) της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας για το σύνολο των λεκανών της κάθε ζώνης όπως προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Idw (δες μεθοδολογία) παρουσιάζεται στο σχήμα 6.37. Στο σημείο αυτό σημειώνεται πως η ζώνη Γρεγολίμανου–Τελέθριου είναι μια ζώνη που θεωρείται ικανή να προκαλέσει ισχυρούς σεισμούς σύμφωνα με τους Sakellariou et al. (2007).

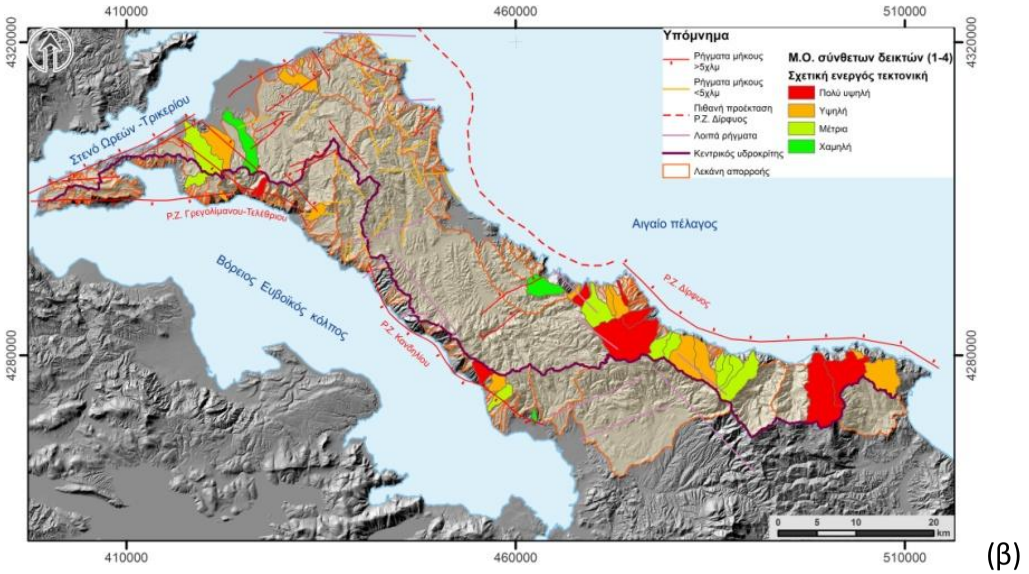
Η περιοχή των 36 λεκανών απορροής που μελετώνται στο παρόν κεφάλαιο (συνολικής έκτασης 266,002 χλμ^2) αποτελείται σε ποσοστό 36,39% από λεκάνες απορροής που ανήκουν στην τάξη 1-πολύ υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας, που αντιστοιχεί σε εμβαδό περίπου 96,80 χλμ^2. Ποσοστό 29,32% της περιοχής ανήκει στην τάξη 2-υψηλής τεκτονικής, ένα ποσοστό 26,06% χαρακτηρίζεται ως μέτριας τεκτονικής δραστηριότητας (ανήκει στην τάξη 3) και τέλος έκταση 21,90 χλμ^2 που αντιστοιχεί σε ποσοστό μόλις 8,23% του συνόλου της περιοχής μελέτης θεωρείται χαμηλής τεκτονικής δραστηριότητας καθώς ανήκει στην τάξη 4. Συνοπτικά μπορεί να σημειωθεί πως τα 2/3 της έκτασης της υπό μελέτης περιοχής αντιστοιχούν στις τάξεις 1 και 2 του μέσου όρου των τεσσάρων σύνθετων δεικτών, δηλαδή σε περιοχές με πολύ υψηλή έως υψηλή τεκτονική δραστηριότητα.

Πίνακας 6.4. Πίνακας με τις υπολογισμένες και τις ταξινομημένες τιμές των μορφοτεκτονικών παραμέτρων κάθε ζώνης.

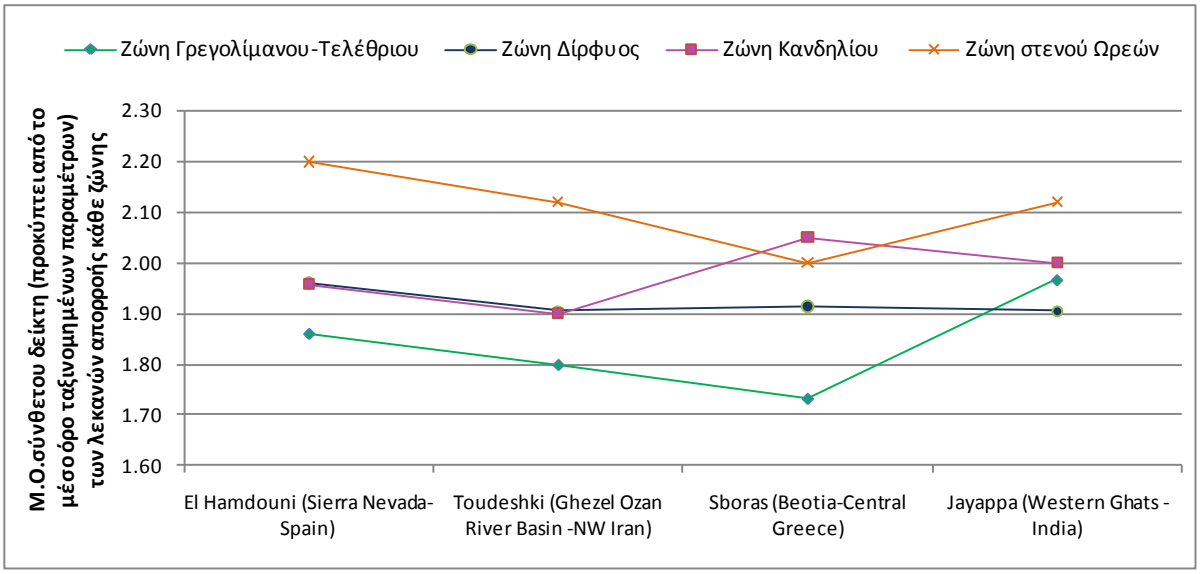
|Af|-50: δείκτης ασυμμετρίας, T: συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής ασυμμετρίας, SL: δείκτης μήκους – κλίσης ρέματος, VF: δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας, Hi: υψομετρικό ολοκλήρωμα, Bs: δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής, Smf: δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου, Er(%): παράμετρος επιμήκους προφίλ, Sci: δείκτης καμπυλότητας ποταμού. Η ταξινόμηση των τιμών έγινε με βάση τη μέθοδο φυσικών διακοπών (αναλυτικά βλέπε κείμενο).

	Νο λεκάνης απορροής	Υπολογισμένες τιμές δεικτών									Ταξινόμηση δεικτών				
		|AF|-50	T	SL	Vf	Hi	Bs	Smf	Er (%)	Sci	|AF|-50	T	SL	Vf	Hi
Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου	**25**	16.91	0.33	171.81	2.72	52.952	2.284	1.725	4.98	0.0996	2	2	3	2	2
	36	17.39	0.44	290.91	0.87	52.017	2.989	1.252	2.18	0.0436	2	2	3	1	2
	39	15.58	0.34	429.29	0.36	51.503	3.255	1.103	-9.58	-0.1916	2	2	2	1	2
	40	13.23	0.31	853.53	0.09	52.582	3.915	1.103	-1.97	-0.0394	2	2	1	1	2
	45	7.01	0.38	119.88	0.58	47.843	2.700	1.134	9.74	0.1948	3	2	3	1	2
	48	15.65	0.37	142.68	0.3	52.556	2.625	1.988	15.22	0.3044	2	2	3	1	2
Ζώνη Κανδηλίου	**65**	14.84	0.27	578.60	0.14	49.326	4.377	1.254	3.92	0.0784	2	2	2	1	2
	67	5.50	0.23	275.76	0.88	57.884	5.935	2.079	9.57	0.1914	3	3	3	1	1
	70	4.92	0.22	393.51	2.92	50.495	5.945	2.079	13.01	0.2602	3	3	2	2	2
	75	9.46	0.43	93.43	0.49	46.799	0.250	2.187	8.34	0.1668	3	2	3	1	3
Ζώνη Δίρφυος	**80**	7.23	0.54	514.40	0.28	46.755	4.576	1.725	10.62	0.2124	3	2	2	1	3
	81	15.46	0.33	527.89	0.47	51.148	0.377	1.845	-1.2	-0.024	2	2	2	1	2
	82	4.63	0.47	838.41	0.18	59.975	5.566	1.845	-4.37	-0.0874	3	2	1	1	1
	83	6.35	0.35	1062.72	0.04	68.475	2.275	1.848	-14.59	-0.2918	3	2	1	1	1
	86	9.24	0.43	421.93	0.11	43.179	3.473	2.182	12.88	0.2576	3	2	2	1	3
	87	5.92	0.40	510.05	0.13	44.654	3.131	1.911	6.24	0.1248	3	2	2	1	3
	88	15.44	0.22	392.20	0.06	45.496	2.447	1.911	7.09	0.1418	2	3	2	1	3
	89	1.44	0.40	251.79	0.12	52.719	2.290	1.911	9.31	0.1862	3	2	3	1	2
	95	25.01	0.34	399.75	0.11	41.096	3.457	1.645	1.01	0.0202	1	2	2	1	3
	96	26.89	0.28	238.34	0.1	51.472	1.138	1.645	17.87	0.3574	1	2	3	1	2
	97	1.79	0.37	272.60	0.14	44.292	2.455	2.071	12.48	0.2496	3	2	3	1	3
	98	3.59	0.20	302.31	0.04	59.415	2.686	2.071	14.15	0.283	3	3	3	1	1
	101	16.18	0.35	350.56	0.11	57.595	1.808	2.071	13.83	0.2766	2	2	2	1	1
	102	17.25	0.27	411.08	0.14	59.475	2.037	2.071	17.63	0.3526	2	2	2	1	1
	115	30.06	0.57	658.09	0.24	52.556	5.382	2.879	-9.33	-0.1866	1	1	2	1	2
	117	16.33	0.43	524.00	0.65	59.758	2.473	2.879	12.15	0.243	2	2	2	1	1
	118	14.92	0.39	386.02	0.51	46.578	5.123	2.879	16.21	0.3242	2	2	2	1	3
	122	6.08	0.29	405.58	0.45	57.872	1.617	2.585	14.79	0.2958	3	2	2	1	1
	123	32.72	0.66	262.73	0.82	54.982	2.489	1.862	22.87	0.4574	1	1	3	1	2
	124	31.70	0.41	260.27	1.8	48.043	4.124	1.862	11.14	0.2228	1	2	3	2	2
	125	20.71	0.31	101.42	3.1	40.093	0.838	4.537	27.31	0.5462	2	2	3	2	3
Ζώνη στενού Ωρεών	**167**	29.29	0.60	22.10	0.64	51.111	2.325	2.819	24.04	0.4808	1	1	3	1	2
	173	27.68	0.48	73.48	2.55	57.252	3.703	2.819	14.43	0.2886	1	2	3	2	1
	177	2.13	0.44	206.46	8.88	42.131	7.535	2.519	27.36	0.5472	3	2	3	3	3
	179	25.17	0.61	106.06	0.2	43.437	2.187	2.161	21.61	0.4322	1	1	3	1	3
	180	2.66	0.42	153.79	0.82	36.064	3.358	1.677	22.09	0.4418	3	2	3	1	3

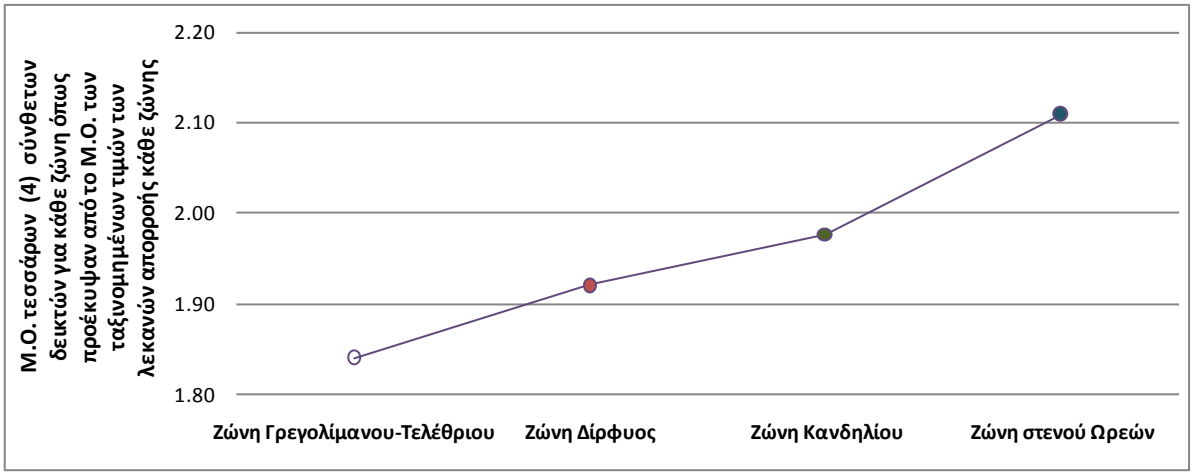




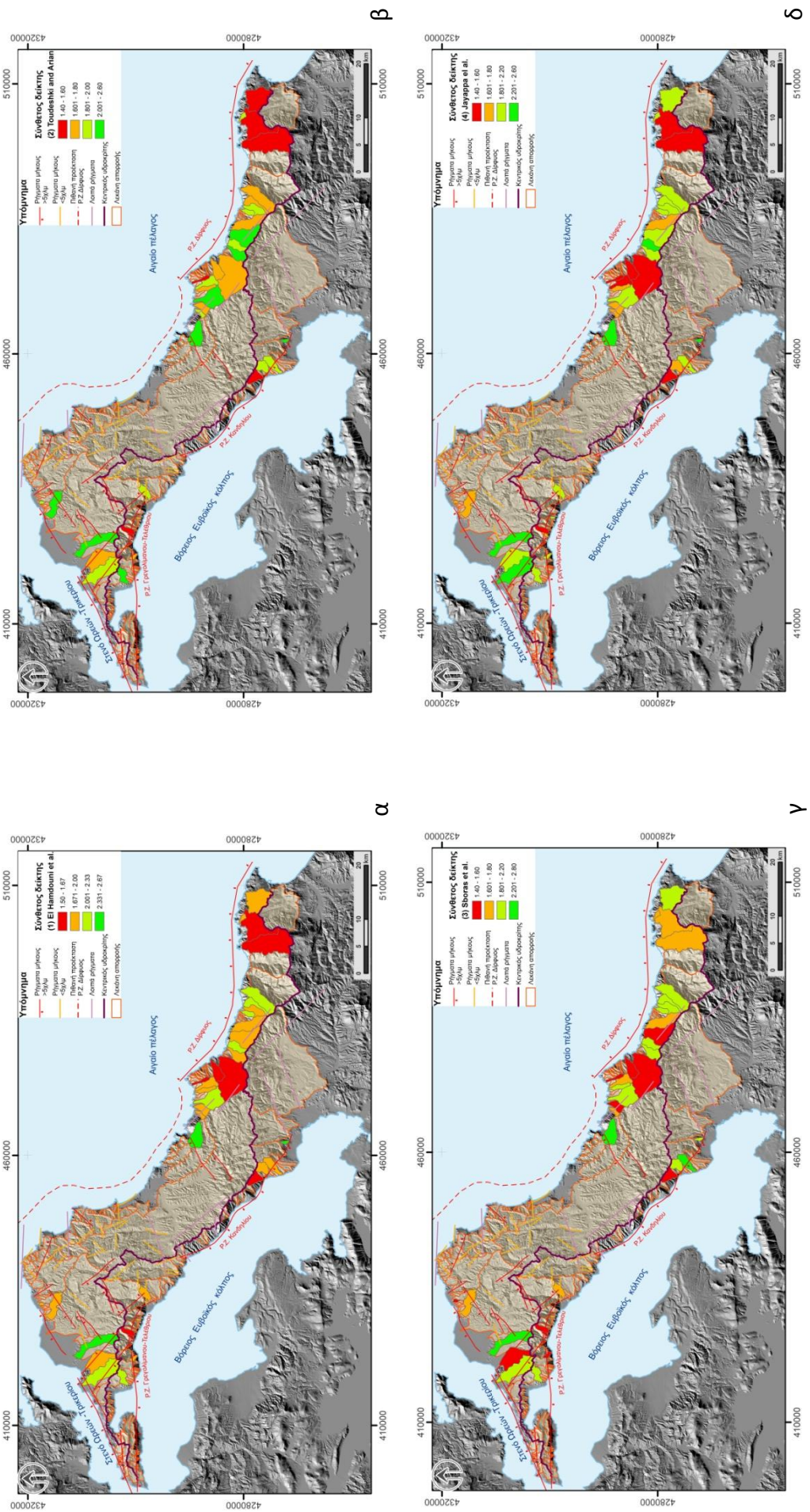
Σχήμα 6.33. (α) Διάγραμμα τιμών μέσου όρου τεσσάρων σύνθετων δεικτών ανά λεκάνη απορροής (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9). Στο σχήμα σημειώνεται με κόκκινο πλαίσιο η ζώνη πολύ υψηλής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας όπως προέκυψε από ταξινόμηση τιμών με βάση τη μέθοδο φυσικών διακοπών (τέσσερις τάξεις) - η χωρική κατανομή της ταξινόμησης αυτής φαίνεται στον χάρτη (β).



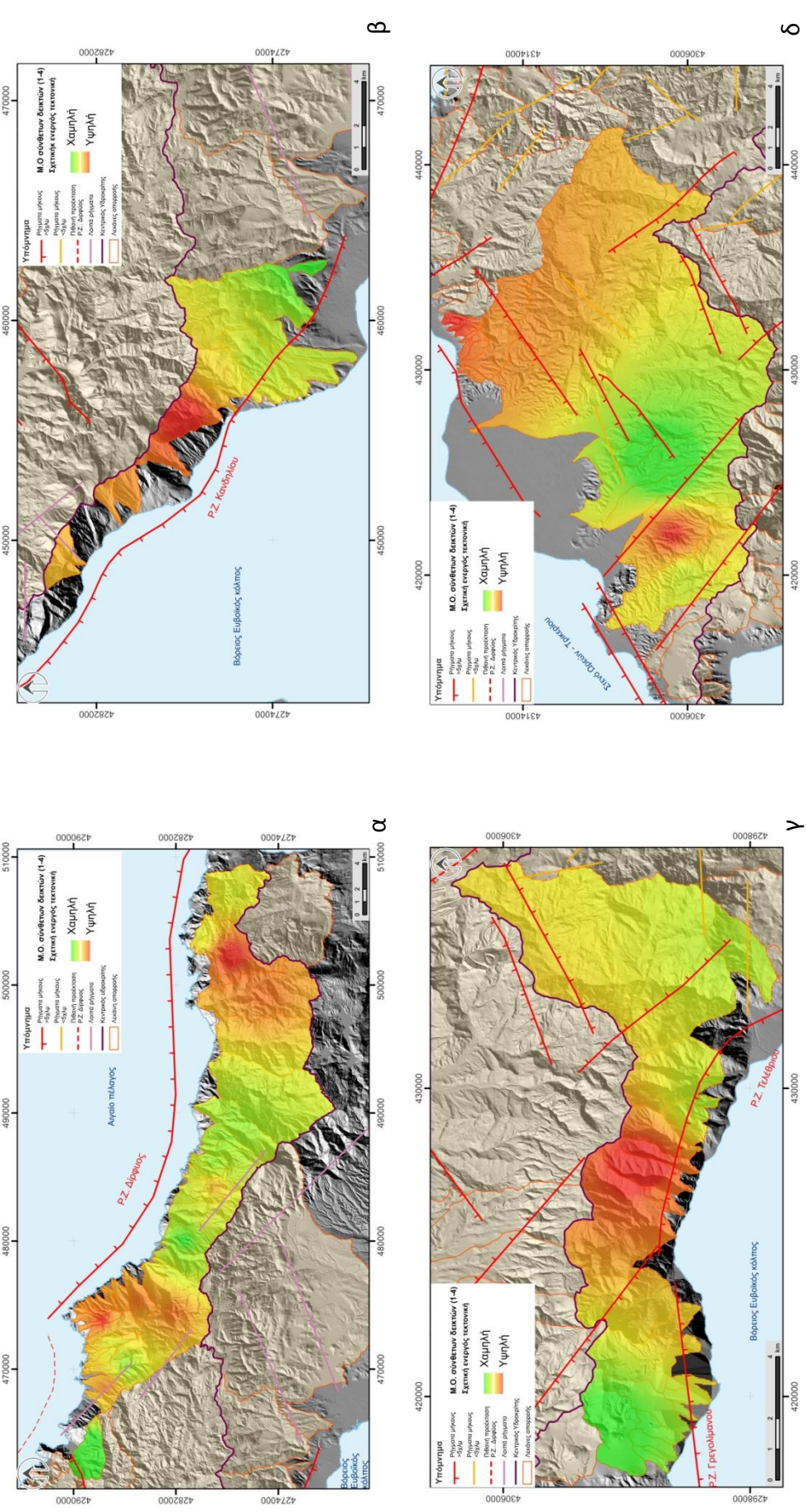
Σχήμα 6.34. Διάγραμμα με τους μέσους όρους κάθε σύνθετου δείκτη ανά ζώνη (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9).
Η χωρική κατανομή ανά δείκτη φαίνεται στους χάρτες του σχήματος 6.36.



Σχήμα 6.35. Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται ο μέσος όρος των σύνθετων δεικτών για κάθε ζώνη, όπως προέκυψε από το μέσο όρο των ταξινομημένων τιμών των λεκανών απορροής τους. Χαμηλότερος μέσος όρος αντιστοιχεί σε υψηλότερη τεκτονική δραστηριότητα (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9).



Σχήμα 6.36. Χωρική κατανομή επανα-ταξινομημένων τιμών σύνθετων δεικτών (α-El Hamdouni et al., β-Toudeshki & Arian, γ-Sboras et al., δ-Jayappa et al.).



Σχήμα 6.37. Ταξινόμηση (idw) των λεκανών απορροής κάθε ζώνης με βάση την τιμή του μέσου όρου των τεσσάρων σύνθετων δεικτών ανά λεκάνη απορροής (αναλυτικά οι τιμές περιλαμβάνονται στον πίνακα Π. 9 και στο σχήμα 6.33β) (α-ζώνη Δίρφυος, β-ζώνη Κανδηλίου, γ-ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου, δ-ζώνη στενού Ωρεών). Οι θέσεις των ζωνών φαίνονται στο σχήμα 6.1.

6.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός της επίδρασης της τεκτονικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης, μέσω της μορφοτεκτονικής ανάλυσης η οποία πραγματοποιήθηκε στις 36 λεκάνες απορροής των τεσσάρων ζωνών (Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου και στενού Ωρεών) όπως καθορίστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα των μορφοτεκτονικών δεικτών, η χωρική τους κατανομή, οι χωρικές διαφοροποιήσεις και οι σχέσεις τους, καθώς και τα αποτελέσματα κάποιων πιθανών συνδυασμών αυτών (σύνθετοι δείκτες) και έγινε φανερή η αξία της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε για την άντληση πληροφοριών που αφορούν τη χωρική μεταβλητότητα της σχετική ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας και της τεκτονικής ανύψωσης.

Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου και η αξιολόγησή τους φανερώνουν πως στη γεωμορφολογία και στην εξέλιξη του αναγλύφου της περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο η ενεργός τεκτονική δραστηριότητα και δείχνει επηρεασμένη από κανονικά ρήγματα. Τα κανονικά ρήγματα της περιοχής χωρίς να εμφανίζουν συχνή σεισμική δραστηριότητα είναι δυνατό να επηρεάσουν την περιοχή μελέτης σε πιθανή ενεργοποίησή τους. Η μορφομετρική ανάλυση των υδρογραφικών δικτύων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής φανερώνει πιθανή παραμόρφωση (πρόσφατη ανύψωση) στο Τεταρτογενές κατά μήκος των ρηγμάτων Δίρφυος, Γρεγολίμανου-Τελέθριου και στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης Κανδηλίου. Η λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών της ζώνης στενού Ωρεών παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των υδρογραφικών δικτύων και των λεκανών απορροής.

Δεδομένου ότι ένα εξισορροπημένο ποτάμιο σύστημα χαρακτηρίζεται από ένα κοίλο προς τα πάνω προφίλ, τα ποτάμια της ζώνης Δίρφυος, Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου δεν βρίσκονται σε ισορροπία καθώς παρουσιάζουν μεγάλες ή μικρές καμπυλότητες σε διάφορες κλίμακες στα επιμήκη προφίλ τους. Τα ποτάμια με τα περισσότερο κυρτά επιμήκη προφίλ χαρακτηρίζονται από κατά βάθος διάβρωση, συνεχόμενη πτώση του βασικού επιπέδου ή μικρότερο χρόνο από τότε που έλαβε χώρα η κύρια πτώση του βασικού επιπέδου (Wells et al., 1988). Τα πιο χαρακτηριστικά απότομα, χαμηλού δείκτη καμπυλότητας και μεγάλης

υψομετρίας επιμήκη προφίλ των κεντρικών ποταμών των λεκανών απορροής No39, 40, 82, 83 και 115 σχετίζονται με σχετικά νέους, ενεργά ανυψωμένους υδροκρίτες.

Η επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας στα ποτάμια συστήματα φαίνεται επίσης από την ασυμμετρία των λεκανών απορροής η οποία είναι μέτρια έως υψηλή για τις ζώνες Δίρφυος, Γρεγολίμανου-Τελέθριου και στενού Ωρεών και χαμηλή έως μέτρια για τη ζώνη Κανδηλίου. Συγκεκριμένα στη ζώνη Δίρφυος οι πιο υψηλές τιμές εντοπίζονται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της ζώνης ενώ οι χαμηλές τιμές εντοπίζονται στη νότια απόληξη της ζώνης Κανδηλίου. Στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου όλες οι λεκάνες απορροής κλίνουν προς το κεντρικό τμήμα των δύο τμημάτων. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί η επίδραση των τοπικών μικρού μεγέθους ρηγματώσεων στη ζώνη στενού Ωρεών που δημιουργούν αντίθετες κλίσεις σε γειτονικές μεταξύ τους λεκάνες απορροής. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της εκτίμησης του συντελεστή εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας με τη λιθολογία της περιοχής, έγινε φανερό πως η μετατόπιση των κεντρικών κλάδων των δικτύων οφείλεται σε τεκτονικά αίτια

Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη SL αντιστοιχούν σε θέσεις υψηλού αναγλύφου και σε σημεία κάμψης. Αυτά τα σημεία κάμψης σε ελάχιστες περιπτώσεις συμπίπτουν με αλλαγές στη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών πάνω στους οποίους ρέουν οι ποταμοί. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων τα σημεία κάμψης συμπίπτουν με χαρτογραφημένα ρήγματα και σε λίγες περιπτώσεις με πιθανά ρήγματα ή ασυνεχειών. Η υψηλότερη μέση τιμή του δείκτη SL, η οποία βρίσκεται σε συμφωνία με μία κυρτότητα στο επίμηκες προφίλ εντοπίζεται στη ζώνη Δίρφυος, αποτελώντας ένδειξη ότι η ζώνη αυτή είναι σχετικά πιο ενεργή και συγκεκριμένα στο νοτιότερο άκρο της, οπότε είναι πιθανό να σχετίζεται με υψηλή ενεργότητα στα άκρα των ρηξιγενών ζωνών.

Η παρατηρούμενη χωρική συσχέτιση μεταξύ του μοτίβου των ρηγμάτων, των υψηλών τιμών δείκτη μήκους-κλίσης ρέματος, των υψηλότερων κλίσεων και των υψηλών τιμών υψομετρικού ολοκληρώματος αντανακλά έντονη τεκτονική δραστηριότητα. Αυτό, φαίνεται για παράδειγμα στη ζώνη Δίρφυος, συγκεκριμένα στο νότιο τμήμα της, στην περιοχή των λεκανών απορροής No82 και No83, ενώ στη ζώνη Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου στα κεντρικά τμήματά τους στις λεκάνες No65 και No45 αντίστοιχα. Επίσης, οι κυρτές καμπύλες μορφές του υψομετρικού ολοκληρώματος, σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές του δείκτη που

αναφέρθηκαν είναι τυπικές σταδίου νεότητας και φανερώνουν νεοτεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή.

Ο δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος εμφανίζεται χαμηλός σε συγκεκριμένες περιοχές κατά μήκος των ρηξιγενών ζωνών υποδεικνύοντας την ενεργότητά τους. Στη ζώνη Δίρφυος οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται στο νότιο τμήμα και συγκεκριμένα στην περιοχή των λεκανών 82, 83, στη ζώνη Κανδηλίου στην περιοχή της λεκάνης Νο65, στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου στην περιοχή των λεκανών Νο39, 40 στο βορειότερο δηλαδή τμήμα της ζώνης Τελέθριου ενώ στη ζώνη στενού Ωρεών οι χαμηλές τιμές, που όμως είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με το σύνολο των τιμών του δείκτη αυτού, εντοπίζονται στα δυτικά. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί πως οι τιμές του εν λόγω δείκτη δεν φαίνεται να σχετίζονται με το μήκος των ρεμάτων, ούτε με την έκταση των λεκανών απορροής τους.

Ο υπολογισμός του δείκτη σχήματος λεκάνης απορροής έγινε για να εντοπιστούν οι επιμήκεις λεκάνες, οι οποίες κατά κύριο λόγο αποτελούν ένδειξη κατά βάθους διάβρωση σε περιοχές με γρήγορη ανύψωση όπως οι περιοχές των ρηξιγενών ζωνών Κανδηλίου και Δίρφυος. Συνολικά για τις υπό μελέτη λεκάνες απορροής, μπορεί να σημειωθεί πως το 25% του συνόλου τους χαρακτηρίζεται ως επιμήκους σχήματος, δηλαδή τυπικές των τεκτονικά ενεργών περιοχών.

Ο δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου σε συνδυασμό με το δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος (που σχετίζεται με την κατά βάθος διάβρωση) ανήκει στην κατηγορία τεκτονικής δραστηριότητας Ι (των κατηγοριών των Bull & McFadden, 1977) για τις λεκάνες απορροής της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου και για το βόρειο τμήμα της ζώνης Κανδηλίου και φανερώνει πρόσφατη ενεργό τεκτονική δραστηριότητα κατά μήκος των ρηγμάτων. Ως τεκτονικά ενεργό βάσει του δείκτη αυτού χαρακτηρίζεται και το νότιο τμήμα της ζώνης Δίρφυος. Στις περιοχές αυτές οι πρόποδες παρουσιάζουν χαμηλές τιμές του δείκτη Smf, είναι ευθύγραμμοι και σχετίζονται με πιθανά υψηλούς ρυθμούς ανύψωσης (>1 χιλιοστό/έτος).

Από την ταξινόμηση που προέκυψε από τον εντοπισμό ενεργών μετώπων με βάση τη σύγκριση του δείκτη ευθυγράμμισης ορεογραφικών μετώπων με το δείκτη λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος (η σχέση των οποίων αποδεικνύει το σχετικό βαθμό ενεργού τεκτονικής), έγινε φανερό πως η τεκτονική δραστηριότητα είναι υψηλότερη στο κεντρικό τμήμα της ζώνης Γρεγολίμανου –Τελέθριου (περιοχές λεκανών απορροής Νο36, 39, 40 και 45) και στο βόρειο τμήμα της ζώνης Κανδηλίου (περιοχή λεκάνης απορροής Νο65). Μέτρια τεκτονική, σε σχέση

με το σύνολο της περιοχής μελέτης, παρατηρείται στο νότιο τμήμα της ζώνης Δίρφυος (περιοχές λεκανών Νο80-102) και στο δυτικό της ζώνης στενού Ωρεών. Τα αποτελέσματα αυτά, σε σημαντικό βαθμό βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της εφαρμογής του σύνθετου δείκτη που υπολογίστηκε στη συνέχεια. Ο τελευταίος προέκυψε ως ο μέσος όρος τεσσάρων σύνθετων δεικτών (Πίνακας Π. 9) οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί είτε μεμονωμένα είτε ως συνδυασμός από ερευνητές σε διάφορες περιοχές του πλανήτη και μετά από επανα-ταξινόμηση με τη μέθοδο των φυσικών διακοπών (σε τέσσερις (4) τάξεις) προέκυψε το διάγραμμα και ο χάρτης του σχήματος 6.33. Πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου (λεκάνες απορροής Νο39, 40), στο βόρειο τμήμα της ζώνης Κανδηλίου (λεκάνη απορροής Νο 65) και σε τρεις επιμέρους περιοχές κατά μήκος της ζώνης Δίρφυος, στις λεκάνες Νο82-83, Νο101, 102, 115 και Νο123, ενώ η ζώνη στενού Ωρεών βρίσκεται εκτός της τάξης που χαρακτηρίζει περιοχές η μορφολογία των οποίων έχει διαμορφωθεί από υψηλή τεκτονική δράση.

Τα αποτελέσματα του μέσου όρου των σύνθετων δεικτών (σχήμα 6.33β) βρίσκονται επίσης σε συμφωνία με την ταξινόμηση που προέκυψε από τη σύγκριση των τιμών υψομετρικού ολοκληρώματος με τη μέση κλίση των λεκανών απορροής όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 6.24. Σύμφωνα με αυτή οι λεκάνες απορροής της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου, η Νο65 της ζώνης Κανδηλίου και ένα μεγάλο ποσοστό των λεκανών της ζώνης Δίρφυος όπως οι Νο82, 83, 101, 102 και άλλες, υποδηλώνουν την υψηλότερη ενεργό τεκτονική δραστηριότητα.

Αν και η σημερινή εικόνα των ζωνών, που περιγράφηκαν ανωτέρω, είναι φανερά επηρεασμένη από εξωγενείς διεργασίες (πρωτίστως διεργασίες κλιτύος), τα κύρια μορφολογικά τους χαρακτηριστικά οφείλονται στην τεκτονική δραστηριότητα σαν συνέπεια δραστηριοποίησης των ρηξιγενών ζωνών. Από την αξιολόγηση των υπαίθριων παρατηρήσεων και των εικόνων Google Earth Pro κατά μήκος των υπό μελέτη ρηξιγενών ζωνών αλλά και από βιβλιογραφικές αναφορές, προκύπτει πως στην περιοχή εντοπίζονται αρκετές γεωμορφές και στοιχεία του αναγλύφου που αποτελούν μια σειρά γεωμορφολογικών ενδείξεων τεκτονικής δραστηριότητας (οφείλονται άμεσα ή έμμεσα σε τεκτονική παραμόρφωση ή ελέγχονται από αυτή) και οι οποίες συμφωνούν με τις τιμές και τις τάξεις τόσο των ΜΔΕΤ όσο και του σύνθετου δείκτη. Αυτό σημαίνει πως περιοχές της τάξης 1 των δεικτών ή της τάξης Ι του σύνθετου δείκτη, αντιστοιχούν σε περιοχές με ανυψωμένες ακτογραμμές, με εμφάνιση σημείων κάμψης τεκτονικής προέλευσης, με βαθιές κοιλάδες σχήματος “V” που διαβρώνουν

τα ρηξιγενή ορεογραφικά μέτωπα, με απότομα ρηξιγενή μέτωπα, τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή, με συγκέντρωση μεγάλου όγκου κώνων κορημάτων κ.ά.

Αναλυτικά, στις περιοχές υψηλής τεκτονικής δράσης των ζωνών Δίρφυος και Κανδηλίου, όπως εντοπίστηκαν από το παρόν κεφάλαιο, έχουν αποτυπωθεί ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές σε ύψη +70±10εκ και +110±20εκ πάνω από τη σημερινή μέση στάθμη θάλασσας αντίστοιχα από τους Stiros et al. (1992). Οι τελευταίοι χρονολόγησαν τις ανυψωμένες αυτές γεωμορφές, μέσω ραδιοχρονολόγησης με ^{14}C σε δείγματα Lithophaga και προέκυψαν βαθμονομημένες ηλικίες 380-110 π.Χ και 340-20π.Χ αντίστοιχα με τυπική απόκλιση 1σ: ΔR=-80±25έτη (αναλυτικά βλέπε αναφορά για τις θέσεις των δειγμάτων 3 και 5). Φωτογραφίες των θέσεων αυτών παρουσιάζονται στο σχήμα 6.38α για τη ζώνη Κανδηλίου και στο σχήμα 6.38β για τη ζώνη Δίρφυος. Αναφορικά με τις χρονολογήσεις που έχουν γίνει στην περιοχή μελέτης συνολικά (Evelpidou et al., 2012), φαίνεται πως οι ρυθμοί ανύψωσης που έχουν προκύψει συμφωνούν με την ταξινόμηση που έγινε βάσει της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας των ρηξιγενών ζωνών όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 6.35 και αναλύεται στην παράγραφο 6.3.4. Ο ρυθμός ανύψωσης στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου είναι μεγαλύτερος από αυτούς των ζωνών Δίρφυος και Κανδηλίου που είναι παραπλήσιοι μεν αλλά με το ρυθμό της ζώνης Κανδηλίου να είναι ελαφρά μικρότερος. Άλλο χαρακτηριστικό στοιχείο ανύψωσης αποτελούν επίσης οι καταρράκτες Δαφνοκούκι που βρίσκονται στο σημείο τομής του ρήγματος Τελέθριου με την κεντρική ποτάμια κοίτη της λεκάνης απορροής No38 όπως φαίνεται στο σχήμα 6.38γ και οι καταρράκτες Γερακιού στον κεντρικό ποταμό της λεκάνης απορροής No173 της ζώνης στενού Ωρεών που δημιουργούνται από τοπικές ρηγματώσεις (σχήμα 6.38δ). Επίσης, χαρακτηριστική είναι η έντονη κατά βάθος διάβρωση που παρατηρείται στις εννέα (9) λεκάνες απορροής που ταξινομήθηκαν ως υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας (δηλαδή στην κατηγορία (I) (Σχήμα 6.33β)). Στις εικόνες Google Earth του σχήματος 6.39 σημειώνονται επίσης ενδεικτικά τα τριγωνικά και τραπεζοειδή πρανή που αναπτύσσονται ανάμεσα στις λεκάνες απορροής καθώς και η μεγάλου πάχους απόθεση κώνων κορημάτων και πλευρικών κορημάτων ηλικίας Πλειστοκαίνου. Ακολούθως στο σχήμα 6.40 φαίνονται τα απότομα ρηξιγενή μέτωπα των υπό μελέτη ζωνών, περισσότερο εντυπωσιακά για τις θέσεις όπου απαντώνται ασβεστολιθικοί σχηματισμοί (ζώνη Κανδηλίου (Σχήμα 6.40α) και ζώνη Δίρφυος (Σχήμα 6.40β), λιγότερο για τη ζώνη Τελέθριου η οποία

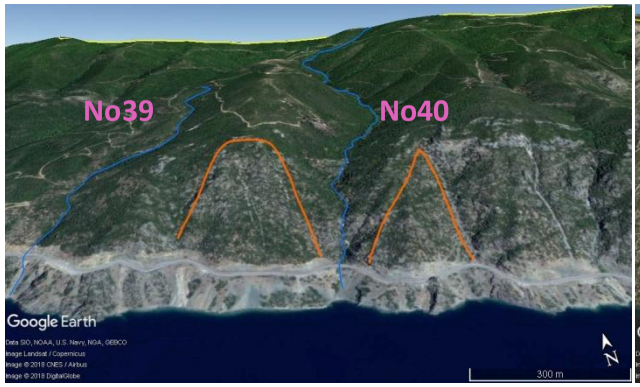
χαρακτηρίζεται από πετρώματα μέτριας ανθεκτικότητας όπως είναι οι πρασινίτες (Σχήμα 6.40γ)).

Τέλος επισημαίνεται το γεγονός πως καμία λεκάνη της ζώνης στενού Ωρεών δεν χαρακτηρίστηκε ως υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας (δεν εντάσσεται δηλαδή στην κατηγορία Ι), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως η τεκτονική δραστηριότητα στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης είναι σχετικά χαμηλή. Το τελευταίο πόρισμα επιβεβαιώνεται τόσο από άλλες μελέτες(Valkanou et al., 2020) όσο και από την την ανάπτυξη του χειμάρρου Ξηροπόταμου, του οποίου η δενδριτική μορφή δεν φαίνεται να εξαρτάται από τη ρηξιγενή δομή της περιοχής. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη πως εν δυνάμει ζώνες κάθετων τεκτονικών κινήσεων κατά μήκος ρηγμάτων έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μετώπων με υψηλές τιμές δείκτη μήκους κλίσης ρέματος, μπορεί να σημειωθεί πως στην περιοχή της ζώνης στενού Ωρεών σύμφωνα με το σχήμα 6.16 και τον πίνακα 6.4, όλα τα δίκτυα έχουν τιμές μικρότερες του 300.

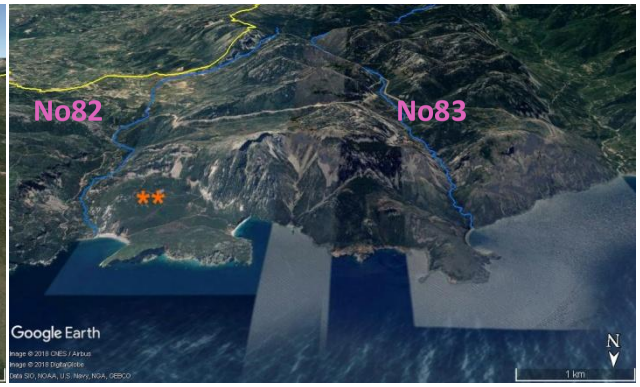
Η ανάλυση σε τοπική κλίμακα εστίασε σε περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος όπως προέκυψαν από τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα που προηγήθηκε στο κεφάλαιο 4. Η ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα ανέδειξε τις πιθανές νεοτεκτονικές ζώνες. Συγκεκριμένα, οι επιπλέον πληροφορίες που ελήφθησαν από την ανάλυση σε τοπική κλίμακα σχετίζονται με το βαθμό της τεκτονικής δραστηριότητας των μετώπων των νεοτεκτονικών αυτών ζωνών, τα οποία συνδέονται με συγκεκριμένες λεκάνες απορροής και κατά συνέπεια λαμβάνονται πληροφορίες που αφορούν τοπική παραμόρφωση και ανύψωση. Επιπλέον της ταξινόμησης αυτής, στο κεφάλαιο 7 σε μια νέα πολυκριτηριακή ανάλυση θα συνδυαστούν παράμετροι από την ανάλυση τόσο σε περιφερειακή, όσο και σε τοπική κλίμακα και λαμβάνοντας υπόψη άλλα στοιχεία τεκτονικής και λιθολογίας θα επιχειρηθεί η εκτίμηση της χωρικής ανάλυσης της νεοτεκτονικής δράσης της περιοχής μελέτης.

Σχήμα 6.38. Χαρακτηριστικές φωτογραφίες γεωμορφών που υποδηλώνουν τεκτονική ανύψωση στην περιοχή: (α) βορειότερα των εκβολών του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης Νο 65 της ζώνης Καντηλίου, (β) νοτιότερα των εκβολών του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης Νο82 της ζώνης Δίρφυος, (γ) της λεκάνης Νο38 της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου και (δ) της λεκάνης Νο173 της ζώνης στενού Ωρεών, οι οποίες ανήκουν βάσει της ταξινόμησης του κεφαλαίου σε θέσεις υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας.

(Οι φωτογραφίες (α) και (β) είναι από υπαίθρια έρευνα, ενώ οι (γ) και (δ) είναι από Google Earth Pro, φωτογραφίες των χαρτών Google).











Σχήμα 6.39. Εικόνες Google Earth Pro στις οποίες φαίνονται οι κοιλάδες τύπου V των λεκανών απορροής της κατηγορίας (Ι), υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας σύμφωνα με την ταξινόμηση που προέκυψε από την ανάλυση σε τοπική κλίμακα.

Με κίτρινη γραμμή φαίνεται ο κεντρικός υδροκρίτης, με μπλε γραμμή η κεντρική κοίτη των υδρογραφικών δικτύων των αντίστοιχων λεκανών απορροής των οποίων το νούμερο σημειώνεται επάνω στις εικόνες (NoXX), με πορτοκαλί γραμμή σημειώνονται τα τριγωνικά πρανή και με αστερίσκους η απόθεση μεγάλου όγκου κώνων κορημάτων. Στις εικόνες έχει οριστεί ανύψωση αναγλύφου εδάφους: 1 για μεγαλύτερη ευκρίνεια των διακυμάνσεων του υψομέτρου.

Σχήμα 6.40. Άποψη: (α) του εντυπωσιακού ασβεστολιθικού ορεογραφικού μετώπου του ρήγματος Κανδηλίου, (β) του ασβεστολιθικού ορεογραφικού μετώπου του ρήγματος Δίρφυος με χαρακτηριστική χαράδρωση και (γ) μετώπου αποτελούμενου από πρασινίτες-παρασινόλιθους της ζώνης Τελέθριου. Οι φωτογραφίες (α) και (γ) είναι από υπαίθριες παρατηρήσεις και η (β) από Google Earth Pro, φωτογραφίες των χαρτών Google.

Κεφάλαιο 7.

Εκτίμηση της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης και του σεισμικού κινδύνου

7.1 Εισαγωγή

7.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

7.2.1 Μεταβλητές ανάλυσης

7.2.2 Μορφοτεκτονικοί δείκτες

7.2.3 Χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων για τον υπολογισμό της παραμόρφωσης

7.2.3.1 Έλεγχος – Επαλήθευση πολυκριτηριακής ανάλυσης

7.2.4 Σεισμικό Δυναμικό ρηγμάτων

7.3 Αποτελέσματα

7.3.1 Υπολογισμός μορφοτεκτονικών κριτηρίων

7.3.2 Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης

7.3.2.1 Σύγκριση της υπολογισθείσας νεοτεκτονικής παραμόρφωσης με τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα

7.3.3 Υπολογισμός σεισμικού δυναμικού ρηγμάτων

7.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

7.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στην παράγραφο 6.2.3, πολλοί ερευνητές έχουν συνδυάσει μορφομετρικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της τεκτονικής δραστηριότητας (μεταξύ άλλων El Hamdouni et al., 2008; Mahmood & Gloaguen, 2012; Arian & Aram, 2014; Anand & Pradhan, 2019; Valkanou et al., 2020). Μερικές μελέτες διαφοροποίησαν το σχεδιασμό της έρευνας από τη χρήση του μέσου όρου των παραμέτρων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης (π.χ. Alipoor et al., 2011). Η προσέγγιση της πολυκριτηριακής ανάλυσης με χρήση ΣΓΠ, όπως αυτή του παρόντος κεφαλαίου, στην οποία υπολογίζεται η χωρική κατανομή της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης με υπέρθεση χαρτών θεματικών επιπέδων (ψηφιδωτά δεδομένα), δεν έχει εφαρμοστεί εκτεταμένα σε νεοτεκτονικές μελέτες. Η εφαρμογή της είναι αρκετά συνηθισμένη σε άλλα επιστημονικά πεδία όπως σε μελέτες εκτίμησης του κατολισθητικού κινδύνου (π.χ. Rozos et al., 2010), πλημμυρικών φαινομένων (π.χ. Elsheikh et al., 2015; Bathrellos et al., 2016) και σε πολλές άλλες μελέτες σχεδιασμού και διαχείρισης. Η χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση, είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μεθοδολογική προσέγγιση που έχει ως κύριο στόχο τη διαμόρφωση διαδικασιών που βοηθούν στη λύση προβλημάτων συνδυάζοντας παράγοντες που σχετίζονται με αυτά (Χαλκιάς, 2015).

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται ο συνδυασμός πληροφοριών (με μορφή θεματικών χαρτών) οι οποίες ελήφθησαν από τις αναλύσεις των προηγούμενων κεφαλαίων, ενώ ορισμένες υπολογίστηκαν στο παρόν κεφάλαιο, με στόχο, μέσω της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας (FAHP) και του σταθμισμένου γραμμικού συνδυασμού (WLC), να υπολογιστεί η σχετική νεοτεκτονική παραμόρφωση της περιοχής μελέτης και να εντοπιστούν περιοχές όπου αυτή είναι μεγαλύτερη. Κύριος στόχος δηλαδή της προσέγγισης αυτής είναι η ανάλυση και χαρτογράφηση των χωρικών διακυμάνσεων της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. Ο χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης που θα προκύψει βασίζεται στον υπολογισμό του δείκτη NLDI (Neotectonic Landscape Deformation Index) που ανέπτυξαν οι Argyriou et al. (2016) και εφάρμοσαν στην περιοχή της Κρήτης. Αφού η χωρική διακύμανση των τιμών κατηγοριοποιηθεί, από πολύ χαμηλή έως πολύ υψηλή, κατόπιν θα συγκριθεί με την ταξινόμηση της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας που προέκυψε από την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα για την περιοχή . Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η επιβεβαίωση ή και

η τροποποίηση των μηκών των ενεργών ρηγμάτων καθώς και ο εντοπισμός επιμέρους μικρότερων ρηξιγενών ζωνών, που στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του σεισμικού κινδύνου. Σκοπός της ανωτέρω αναφερόμενης διαδικασίας είναι να εφαρμοστεί η πρόταση του Παυλίδη (2008) για χαρτογράφηση των ενεργών γεωλογικών ρηγμάτων με άλλες μεθόδους πέραν της παλαιοσεισμολογίας και της γεωδαισίας, μεταξύ των οποίων και η ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση – μορφοτεκτονική. Επιπλέον αναδεικνύεται η αναγκαιότητα χρήσης τέτοιων μεθόδων, οι οποίες δε λαμβάνονται υπόψη μέχρι σήμερα, στον αντισεισμικό κανονισμό (Παυλίδης, 2008).

Η αποτελεσματική χρήση των πολυκριτηριακών αναλύσεων (MCDA) στη λήψη αποφάσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση των σωστών βαρών. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η διαδικασία της ασαφούς αναλυτικής ιεράρχησης (FAHP) στην οποία τα βάρη υπολογίζονται μέσω συγκρίσεων των κριτηρίων ανά ζεύγη. Για τη σχετική σημαντικότητα δεν δίνεται μία απλή τιμή (crisp number) με χρήση της κλίμακας του Saaty (1980) με τιμές από 1 έως 9 σύμφωνα με την οποία η μικρότερη τιμή αντιστοιχεί στη μικρότερη σχετική επίδραση, όπως έγινε στο κεφάλαιο 4, γιατί ορισμένες φορές είναι δύσκολο οι προτιμήσεις να εκφραστούν με έναν μόνο αριθμό. Οι αριθμοί στον πίνακα συγκρίσεων αντικαθίστανται από τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς. Μετά τη σύγκριση των παραγόντων/κριτηρίων, την ασαφοποίηση, την αποασαφοποίηση, τον υπολογισμό του λόγου συνοχής (CR) και την απόδοση βαρών, η χρήση του σταθμισμένου γραμμικού συνδυασμού (WLC) κρίνεται απαραίτητη για τη σωστή άθροιση των σταθμισμένων παραγόντων και τη δημιουργία του τελικού και του επανα-ταξινομημένου χάρτη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης.

Ακολούθως γίνεται ανάλυση σεισμικού κινδύνου, υπολογίζοντας μέτρα της σεισμικής κίνησης που αναμένεται να λάβει χώρα στις θέσεις των κύριων ρηξιγενών δομών της περιοχής (ανάλυση σεισμικού κινδύνου σύμφωνα με τον Gupta (2002)). Η ανάλυση σεισμικού κινδύνου αφορά την εκτίμηση των παραμέτρων ενός σεισμού που αναμένεται σε μία περιοχή για τους σκοπούς του αντισεισμικού σχεδιασμού και της αξιολόγησης της σεισμικής ασφάλειας. Μία ανάλυση σεισμικού κινδύνου, μπορεί να περιλαμβάνει πολλές παραμέτρους. Εκτός από την σεισμικότητα, την τεκτονική και τη γεωλογία που αποτελούν παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα διατριβή, πολλές φορές η ανάλυση σεισμικού κινδύνου εμπεριέχει και τα χαρακτηριστικά των σεισμικών κυμάτων. Υπάρχουν δύο βασικές φιλοσοφίες σχετικά με την

ανάλυση του σεισμικού κινδύνου: η αιτιοκρατική (προσδιορισμική) και η πιθανολογική μεθοδολογία. Στην παρούσα έρευνα ο υπολογισμός του σεισμικού δυναμικού ανήκει στην αιτιοκρατική προσέγγιση και περιλαμβάνει τον υπολογισμό του μέγιστου αναμενόμενου μεγέθους σεισμικού γεγονότος των σεισμικών πηγών (που είναι τα ρήγματα) και τον υπολογισμό της περιόδου επανάληψης βάσει εμπειρικών σχέσεων.

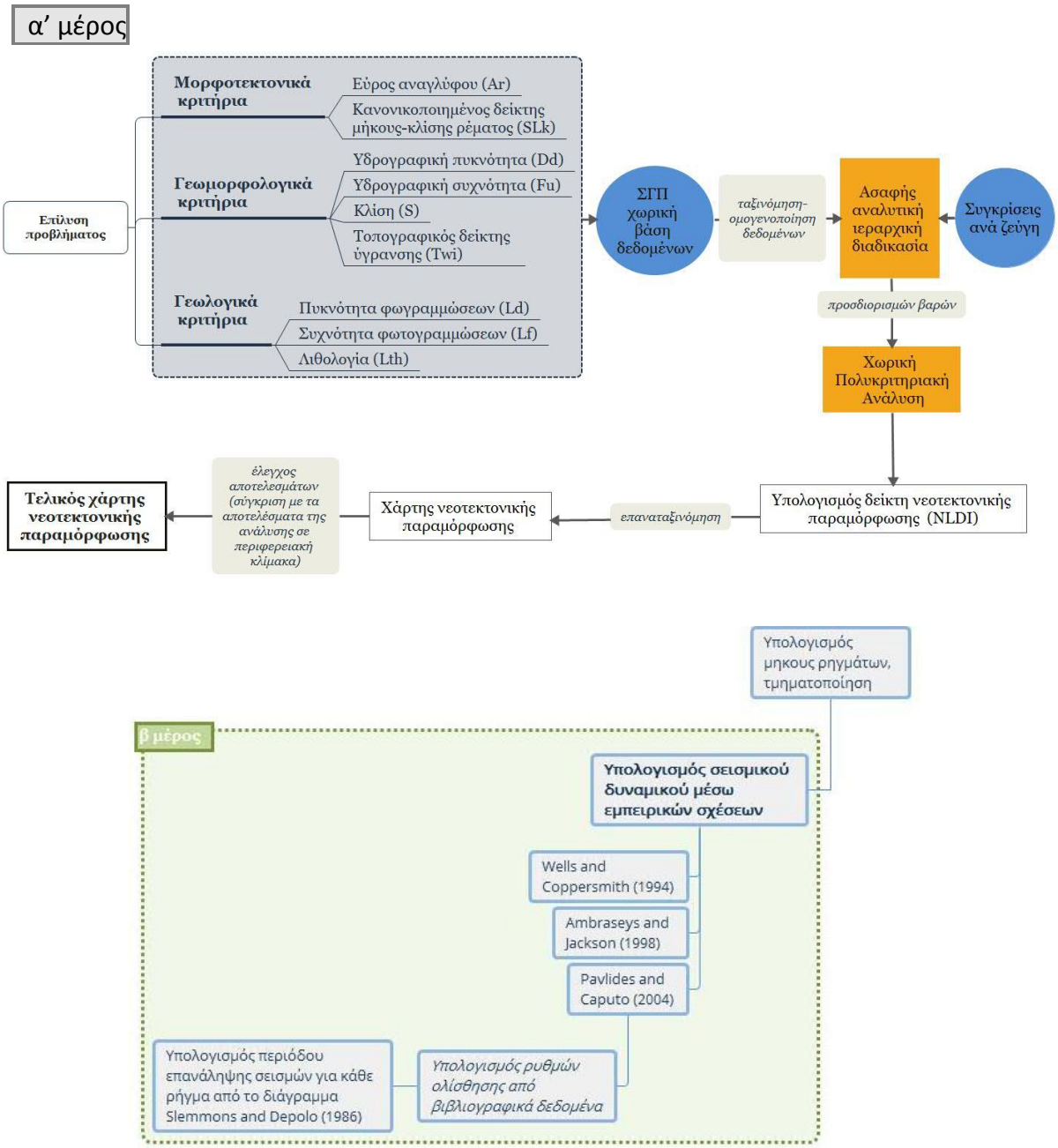
7.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου, πραγματοποιείται μια πολυκριτηριακή ανάλυση με τη χρήση μορφοτεκτονικών, γεωμορφολογικών και γεωλογικών χαρακτηριστικών. Στόχος είναι να προκύψει ένας χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν εννέα (9) παράγοντες συνολικά. Από αυτούς επτά (7) έχουν ήδη υπολογιστεί σε προηγούμενα κεφάλαια (οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με τη γεωμορφολογία και το ανάγλυφο) ενώ δύο (2) νέοι υπολογίζονται στο παρόν.

Με βάση τη μεθοδολογία των Argyriou et al. (2016), τα εννέα (9) κριτήρια χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του Δείκτη Νεοτεκτονικής Παραμόρφωσης (NLDI). Τα κριτήρια αυτά είναι μορφοτεκτονικοί δείκτες, γεωμορφολογικά κριτήρια τα οποία σχετίζονται έμμεσα με τον προσδιορισμό των μορφοτεκτονικών χαρακτηριστικών και γεωλογικά κριτήρια που σχετίζονται έμμεσα με την παραμόρφωση. Στους μορφοτεκτονικού δείκτες περιλαμβάνονται το εύρος αναγλύφου και ο κανονικοποιημένος δείκτης μήκους – κλίσης ρέματος, στα γεωμορφολογικά κριτήρια ανήκουν η πυκνότητα και η συχνότητα υδρογραφικού δικτύου, η κλίση και ο τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης, ενώ τέλος τα γεωλογικά κριτήρια περιλαμβάνουν τη συχνότητα και πυκνότητα των γραμμώσεων και τη λιθολογία. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, συγκεκριμένο εύρος διαβαθμισμένων τιμών μπορεί να συσχετιστεί με ενδείξεις παραμόρφωσης. Όλες οι παράμετροι ταξινομούνται και σταθμίζονται και ακολουθεί η μέθοδος της Ασαφούς Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (FAHP) σε συνδυασμό με τη μέθοδο Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού (WLC) όπως αναλυτικά περιγράφονται παρακάτω.

Στο δεύτερο μέρος συνδυάζονται τα νέα κριτήρια χαρτογράφησης των ρηγμάτων με την αξιοποίηση των συχνότερα χρησιμοποιούμενων στην ανάλυση του σεισμικού κινδύνου γεωλογικών δεδομένων, όπου δίνεται έμφαση στην τμηματοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης, στα

μοντέλα επανάληψης και στον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδέονται μεταξύ τους. Τελικός στόχος είναι ο υπολογισμός του μακροπρόθεσμου σεισμικού δυναμικού (μέγιστο αναμενόμενο σεισμικό γεγονός και περίοδος επανάληψης). Συνοπτικά τα στάδια που ακολουθήθηκαν παρουσιάζονται στο σχήμα 7.1.



Σχήμα 7.1. Διάγραμμα ροής της χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης από την οποία υπολογίστηκε η νεοτεκτονική παραμόρφωση του αναγλύφου (βάσει της μεθοδολογίας των Argyriou et al., 2016) (επάνω - α' μέρος) και του υπολογισμού του σεισμικού δυναμικού των νεοτεκτονικών δομών της περιοχής μελέτης (κάτω - β' μέρος).

7.2.1 Μεταβλητές ανάλυσης

Εκτός από τους μορφοτεκτονικούς δείκτες που περιγράφονται στην επόμενη παράγραφο (7.2.2), των οποίων οι υψηλότερες τιμές σχετίζονται με περιοχές μεγαλύτερης παραμόρφωσης, οι υπόλοιποι επτά παράγοντες χωρίζονται σε:

- γεωμορφολογικούς: η συχνότητα και η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου (οι τιμές τους προσδιορίστηκαν στο κεφάλαιο 4 και με χρήση των συναρτήσεων line και kernel density tools του λογισμικού ArcGIS δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες χωρικής κατανομής), η μορφολογική κλίση και ο τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης (twi) οι οποίοι υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο 3. Χαμηλές τιμές υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας σχετίζονται με αδυναμία σωστής ανάπτυξης δικτύου η οποία συχνά σχετίζεται με τεκτονικές διεργασίες (Resmi et al., 2019; Argyriou et al., 2016). Αντίθετα, οι υψηλές τιμές σε ένα χάρτη κλίσεων μπορεί να σχετίζονται με την επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας στη μορφολογία του αναγλύφου μιας περιοχής (Kokinou et al., 2013). Όσον αφορά τον τοπογραφικό δείκτη ύγρανσης, οι υψηλότερες τιμές του χαρακτηρίζουν τους πρόποδες κλιτύων δηλαδή θέσεις όπου το νερό έχει την τάση να συγκεντρώνεται (Tagil & Jenness, 2008), ενώ χαμηλότερες τιμές του σχετίζονται με κοιλάδες τύπου V και με τεκτονική δραστηριότητα (Argyriou et al., 2016),
- γεωλογικούς: η συχνότητα και πυκνότητα των γραμμώσεων και η λιθολογία (καθορίστηκαν στο κεφάλαιο 3 και στην παράγραφο 4.3.5 αντίστοιχα). Περιοχές με υψηλή πυκνότητα γραμμώσεων αποτελούν ένδειξη υψηλότερης ένταση παραμόρφωσης (Hung et al., 2002), όπως επίσης και υψηλές συγκεντρώσεις συχνότητας γραμμώσεων (Sajadi et al., 2019). Για τη λιθολογία μπορεί να σημειωθεί πως οι περισσότερο ευδιάβρωτοι σχηματισμοί ή οι πιο χαλαροί συνδέονται με αυξημένα πλάτη σεισμικών κυμάτων και άρα με μεγαλύτερο σεισμικό κίνδυνο. Ωστόσο, τα γεωλογικά κριτήρια χρησιμοποιούνται στην παρούσα ανάλυση επειδή επηρεάζουν τη χωρική κατανομή των υπολοίπων παραμέτρων και όχι ως κύριοι παράγονται που σχετίζονται άμεσα με την παραμόρφωση.

Όλοι οι παράγοντες σχετίζονται με κάποιον τρόπο με την τεκτονική παραμόρφωση και αντιπροσωπεύονται ο καθένας από ένα χάρτη με ταξινομημένες (τακτική κλίμακα σε 10 ή

λιγότερες τάξεις) και κανονικοποιημένες τιμές (διαμόρφωση σε ενιαία κλίμακα και με ενιαία μονάδα αναφοράς το 100).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, όπως αναλυτικά περιγράφηκε παραπάνω, οι υψηλότερες ταξινομημένες τιμές σχετίζονται και με υψηλότερη τεκτονική παραμόρφωση (Ar, SLk, S, Ld, Lf), ενώ αντίθετα για τους δείκτες Dd, Fu και Twi οι χαμηλότερες τιμές τους σχετίζονται με μεγαλύτερη παραμόρφωση. Αναφορικά με τη λιθολογία, οι πιο ευδιάβρωτοι σχηματισμοί της ομάδας 1 (η ομαδοποίηση παρουσιάζεται στην παράγραφο 4.3.5) αντιστοιχούν σε περιοχές υψηλότερης σχετικής τεκτονικής παραμόρφωσης.

7.2.2 Μορφοτεκτονικοί δείκτες

Το εύρος αναγλύφου (Ar) είναι μια παράμετρος που παρέχει πληροφορίες για την ανύψωση κατά μήκος ρηξιγενών ζωνών ή για την κινηματική τους, και η χωρική κατανομή των τιμών του μπορεί να οδηγήσει στον εντοπισμό περιοχών με διαφορική ανύψωση ή πρόσφατη κατακόρυφη μετατόπιση (Della Seta et al., 2004; Ciotoli et al., 2003; Ciccacci et al., 1988). Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται επίσης για τον υπολογισμό των μορφολογικών χαρακτηριστικών του αναγλύφου (Thakurdesai & Pise, 2016). Πολλές μελέτες ορίζουν και προτείνουν τρόπους για τον υπολογισμό του Ar (Troiani & Della Seta, 2008; Raisz & Henry, 1937; Glock, 1932). Στην παρούσα μελέτη ο δείκτης ισούται με τη μέγιστη διαφορά υψομέτρου σε κελιά εμβαδού 1 χλμ^2 και υπολογίζεται από την αφαίρεση του DEMmin από το DEMmax για κάθε κελί. Ακολούθως στη χωρική ανάλυση χρησιμοποιείται το κέντρο βάρους κάθε κελιού. Ο τύπος χωρικής παρεμβολής που χρησιμοποιείται ώστε να προκύψει ένας κατάλληλος κάναβος του Ar και ο τελικός χάρτης χωρικής κατανομής του, προκύπτει από τη μέθοδο που χρησιμοποιεί ως βασικό κριτήριο χωρικής συσχέτισης μεταξύ των τιμών του δείγματος τον προσανατολισμό (kriging) (Della Seta et al., 2004).

Ο δείκτης SL έχει ήδη περιγραφεί στην παράγραφο 6.2.2.3 αλλά στο κεφάλαιο αυτό υπολογίζεται με διαφορετικό τρόπο και δεν αφορά κάθε μεμονωμένη λεκάνη απορροής αλλά απεικονίζεται σε όλη την περιοχή μελέτης με χρήση γεωστατιστικών μεθόδων. Σύμφωνα με τους Pérez-Peña et al. (2009c), όταν επιχειρείται σύγκριση των τιμών του δείκτη SL για διαφορετικά ποτάμια, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένας παράγοντας κανονικοποίησης – που είναι η κλίση του εξισσοροπημένου ποταμού (k) γιατί ο εν λόγω δείκτης εξαρτάται από το μήκος του ποταμού. Σύμφωνα με τον Chen

et al. (2003), ο παράγοντας αυτός (k) περιγράφει το πιο απότομο τμήμα της κοίτης του ποταμού, κανονικοποιεί την επίδραση της τάξης και της ορμητικότητας του ποταμού και με αυτόν τον τρόπο μετατρέπει τον δείκτη μήκους – κλίσης ρέματος (SL) σε έναν δείκτη (SLk) κατάλληλο για συγκρίσεις της σχετικής έντασης της τεκτονικής δραστηριότητας μεταξύ διαφορετικών ποταμών. Ο κανονικοποιημένος δείκτης (SLk) υπολογίζεται διαιρώντας των τοπικό δείκτη SL με την κλίση (k) (Seeber & Gornitz, 1983) του κύριου κλάδου του ποταμού σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Pérez-Peña et al. (2009c) βάσει της οποίας χρησιμοποιείται μία συγκεκριμένη απόσταση υπολογισμού (στην παρούσα μελέτη η απόσταση αυτή είναι ίση με 150 μ) αντί για την ισοδιάσταση των ισοϋψών καμπυλών που προτείνουν οι Keller & Pinter (2002). Η δημιουργία του χάρτη ανωμαλιών από τις τιμές του δείκτη SLk στηρίζεται στη μέθοδο γεωστατιστικής παρεμβολής που χρησιμοποιεί ως βασικό κριτήριο χωρικής συσχέτισης μεταξύ των τιμών του δείγματος τον προσανατολισμό (kriging) με σφαιρικό μοντέλο και ακτίνα αναζήτησης 15 σημείων.

7.2.3 Χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων για τον υπολογισμό της παραμόρφωσης

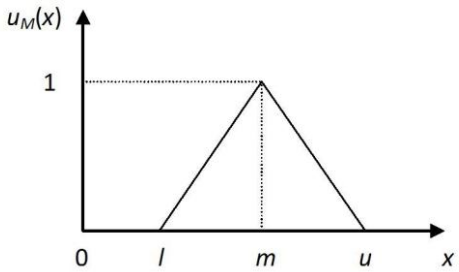
Τα στάδιο υλοποίησης της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων για τον υπολογισμό της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης δε διαφέρει από τα γενικά στάδια υλοποίησης μεθοδολογικών χωρικών πολυκριτηριακών αναλύσεων (Kontos et al., 2005; Παπαδόπουλος κ.ά., 2016). Αφού καθοριστεί το πρόβλημα, επιλέγονται οι μεταβλητές-κριτήρια ανάλυσης, επανα-ταξινομούνται, ομογενοποιούνται, ποσοτικοποιούνται και δημιουργείται ο πίνακας αποφάσεων. Στη συνέχεια καθορίζονται οι συντελεστές βαρύτητας (διαμόρφωση της στάθμισης), συνδυάζονται οι σταθμισμένες μεταβλητές, γίνεται ο έλεγχος συνέπειας και τέλος παρουσιάζονται οι τελικές προτάσεις και η πιστοποίηση - επικύρωση των αποτελεσμάτων με τη σύγκρισή τους με την πραγματική κατάσταση (Chalkias, 2015). Η χωρική πολυκριτηριακή μέθοδος ανάλυσης συνδυάζει και μετατρέπει, με τη χρήση ΣΓΠ, τα γεωγραφικά δεδομένα, σε έναν τελικό χάρτη με σκοπό να έχουν την απαραίτητη βοήθεια αυτοί που λαμβάνουν αποφάσεις (Drobne & Lisec, 2009).

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Saaty, 1980), μαζί με τις παραλλαγές της, όπως είναι η ασαφής έκδοση της μεθόδου (Buckley, 1985; Chang, 1996), αποτελεί μια ευέλικτη και καλά δομημένη μέθοδο (η απλή μέθοδος περιγράφηκε αναλυτικά στην παράγραφο 4.2.3). Συνοπτικά αναφέρεται πως ο ρόλος της είναι η αποδόμηση ενός προβλήματος σε ένα ιεραρχικό πλαίσιο, σε ένα επίπεδο της ιεραρχίας όπου τα στοιχεία συγκρίνονται ανά ζεύγη προκειμένου να αξιολογηθεί

η βαρύτητα καθενός στο επόμενο επίπεδο. Η μέθοδος των συγκρίσεων ανά ζεύγη είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη διαδικασία για τον υπολογισμό των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων σε εφαρμογές πολυκριτηριακών αναλύσεων (Malczewski, 2006). Η Ασαφής Αναλυτική Ιεραρχική διαδικασία, ως προηγμένη/σύνθετη προέκταση της κλασσικής προσέγγισης στα ασαφή σύνολα και την ασαφή λογική, διαφοροποιείται από αυτή στο στάδιο των συγκρίσεων ανά ζεύγη. Οι σαφείς/διακριτοί αριθμοί στις προτιμήσεις, κατά τη συμπλήρωση του πίνακα συγκρίσεων, αντιστοιχίζονται και αντικαθίστανται από ασαφείς αριθμούς (Buckley, 1985), ώστε να υπολογιστούν οι συντελεστές βαρύτητας μαζί με την ασαφή χρησιμότητα των εναλλακτικών, δηλαδή με καλύτερη αντιπροσώπευση των κρίσεων και της αβεβαιότητας ή της ασάφειας της ανθρώπινης σκέψης (Zadeh, 1965). Υπάρχουν πολλοί τύποι συναρτήσεων συμμετοχής (κλίμακα ασαφούς αριθμού) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό, όπως η τριγωνική, η τραπεζοειδής, η πολυγωνική κτλ. (Sanches et al., 2005). Η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής, που θα εφαρμοστεί στην παρούσα ανάλυση, είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη και αντιπροσωπεύει τις ασαφείς προτιμήσεις στη σύγκριση ανά ζεύγη για να υπολογιστεί η σχετική ασαφής προτεραιότητα/βαρύτητα των κριτηρίων. Η συνάρτηση ορίζεται από έναν ασαφή αριθμό Μ τριγωνικής μορφής (TFN), ο οποίος συμβολίζεται απλά ως (l,m,u) και καλύπτει το εύρος της συνάρτησης $u_M(x)$, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.3. Οι παράμετροι l, m, u υποδηλώνουν αντιστοίχως τη μικρότερη δυνατή τιμή, τη μεγαλύτερη πολλά υποσχόμενη τιμή (μέγιστος βαθμός αλήθειας) και τη μεγαλύτερη δυνατή τιμή που περιγράφει το ασαφές συμβάν (Zhou, 2012). Με τον τρόπο αυτό μπορούν να εκφραστούν πιθανές αβεβαιότητες του μελετητή, αφού η επιλογή των τριών τιμών δημιουργεί ορισμένες αλληλοεπικαλύψεις. Κατά τη σύγκριση των παραγόντων ανά ζεύγη παραμένει η υποκειμενική εκτίμηση της σπουδαιότητας του ενός έναντι του άλλου, αλλά η κλίμακα συγκρίσεων της AHP (πίνακας 4.5) αντικαθίσταται από μία αντιστοίχιση της γλωσσικής κλίμακας με τους ασαφείς αριθμούς τριγωνικής μορφής βάσει του πίνακα 7.1, οπότε και ο πίνακας σύγκρισης που προκύπτει από τη διαδικασία είναι ένας ασαφής τριγωνικής κλίμακας μετασχηματισμένος πίνακας.

Τα στάδια της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας με χρήση γεωμετρικού μέσου όρου, η οποία χρησιμοποιείται στο παρόν κεφάλαιο, και ο τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων σε κάθε βήμα της μεθόδου, παρουσιάζονται στον πίνακα 7.2. Η διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά την ασαφοποίηση των κριτηρίων βάσει του πίνακα 7.1 από την οποία προκύπτει ο ασαφής τριγωνικής κλίμακας πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη, τον υπολογισμό του ασαφή γεωμετρικού

μέσου όρου και τον υπολογισμό των ασαφών συντελεστών βαρύτητας. Στο τέλος γίνεται αποασαφοποίηση για να ληφθούν οι σαφείς τιμές των συντελεστών βαρύτητας από το ασαφές σύνολο με χρήση της μεθόδου της κεντρικής τιμής του ασαφούς συνόλου και οι συντελεστές βαρύτητας κανονικοποιούνται (ώστε το άθροισμά τους να είναι ίσο με 1).



Σχήμα 7.2. Ο τριγωνικός ασαφής αριθμός Μ (Zhou, 2012).

Πίνακας 7.1. Τριγωνική ασαφής κλίμακα που αντιστοιχεί στην γλωσσική κλίμακα σημαντικότητας του Saaty (τροποποιημένο από Zhou, 2012).

Περιγραφή	Τριγωνική ασαφής κλίμακα – τιμές σημαντικότητας	Τριγωνική ασαφής κλίμακα – τιμές μη σημαντικότητας
Ίση σημαντικότητα μεταβλητών	(1,1,1)	(1,1,1)
Ενδιάμεσο 1	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
Μέτρια σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
Ενδιάμεσο 2	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Ισχυρά ή ουσιαστικά σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
Ενδιάμεσο 3	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Πολύ ισχυρά σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
Ενδιάμεσο 4	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Εξαιρετικά σημαντικότερη η μια μεταβλητή έναντι της άλλης	(9,9,9)	(1/9,1/9,1/9)

Πίνακας 7.2. Ασαφής τριγωνικής κλίμακας μετασχηματισμένος πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη, υπολογισμός ασαφούς γεωμετρικού μέσου όρου, υπολογισμός ασαφών συντελεστών βαρύτητας και υπολογισμός πραγματικών και κανονικοποιημένων τιμών συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων.

Ασαφής πίνακας συγκρίσεων κατά ζεύγη

$$\begin{array}{cccc} l_{11}, m_{11,} u_{11} = (1,1,1) & l_{12}, m_{12,} u_{12} & \dots & l_{1n}, m_{1n,} u_{1n} \\ l_{21}, m_{21,} u_{21} & l_{22}, m_{22,} u_{22} = (1,1,1) & \dots & l_{2n}, m_{2n,} u_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ l_{n1,} m_{n1,} u_{n1} & l_{n2,} m_{n2,} u_{n2} & \dots & l_{nn}, m_{nn,} u_{nn} = (1,1,1) \end{array}$$

Υπολογισμός ασαφούς γεωμετρικού μέσου όρου

$$\begin{array}{ccccc} ((l_{11} * l_{12} * \dots l_{1n})^{1/n} & , & (m_{11} * m_{12} * \dots m_{1n})^{1/n} & , & (u_{11} * u_{12} * \dots u_{1n})^{1/n}) = (r_{l1}, r_{m1}, r_{u1}) \\ ((l_{21} * l_{22} * \dots l_{2n})^{1/n} & , & (m_{21} * m_{22} * \dots m_{2n})^{1/n} & , & (u_{21} * u_{22} * \dots u_{2n})^{1/n}) = (r_{l2}, r_{m2}, r_{u2}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ ((l_{n1} * l_{n2} * \dots l_{nn})^{1/n} & , & (m_{n1} * m_{n2} * \dots m_{nn})^{1/n} & , & (u_{n1} * u_{n2} * \dots u_{nn})^{1/n}) = (r_{ln}, r_{mn}, r_{un}) \\ \underline{\qquad} & & \underline{\qquad} & & \underline{\qquad} \\ \text{Sum\_mean\_l} & & \text{Sum\_mean\_m} & \dots & \text{Sum\_mean\_u} \end{array}$$

Υπολογισμός ασαφών συντελεστών βαρύτητας

$$\begin{array}{ccccc} (r_{l1} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_u}}\right) & , & r_{m1} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_m}}\right) & , & r_{u1} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_l}}\right)) = (\boldsymbol{w_{l1}, w_{m1,} w_{u1}}) \\ (r_{l2} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_u}}\right) & , & r_{m2} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_m}}\right) & , & r_{u2} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_l}}\right)) = (\boldsymbol{w_{l2}, w_{m2,} w_{u2}}) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ (r_{ln} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_u}}\right) & , & r_{mn} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_m}}\right) & , & r_{un} * \left(\frac{1}{\text{Sum\_mean\_l}}\right)) = (\boldsymbol{w_{ln}, w_{mn,} w_{un}}) \end{array}$$

Υπολογισμός συντελεστών βαρύτητας και κανονικοποιημένων τιμών

$$\begin{array}{cc} w_1 = (w_{l1} + w_{m1} + w_{u1})/3 & w_{1\_norm} = w_1/\text{Sum\_mean\_w} \\ w_2 = (w_{l2} + w_{m2} + w_{u2})/3 & w_{2\_norm} = w_2/\text{Sum\_mean\_w} \\ \vdots & \vdots \\ w_n = (w_{ln} + w_{mn} + w_{un})/3 & w_{n\_norm} = w_n/\text{Sum\_mean\_w} \\ \underline{\qquad\qquad\qquad} & \underline{\qquad\qquad\qquad} \\ \text{Sum\_mean\_w} & 1 \end{array}$$

Στο τέλος, ο υπολογισμός του λόγου συνοχής (CR) διασφαλίζει πως οι κρίσεις είναι συνεπείς, εφόσον είναι CR<0,1 (εξισώσεις κεφαλαίου 4.2.3 και πίνακας 4.8). Άρα όσον αφορά την AHP και την FAHP, σημειώνεται πως μειώνει την πολυπλοκότητα ενός προβλήματος μέσω τριών (3) βημάτων: με την ανάπτυξη του πίνακα συγκρίσεων, με τον υπολογισμό των βαρών κάθε

παράγοντα στην ιεραρχία και με τον υπολογισμό του λόγου συνέπειας (Boroushaki & Malczewski, 2008).

Στην τελική φάση δημιουργείται μια συνολική βαθμολογία προτεραιότητας με χρήση σταθμισμένου γραμμικού συνδυασμού (WLC) ενός πολύ διαδεδομένου μοντέλου λήψης αποφάσεων σε περιβάλλον ΣΓΠ και από το οποίο προκύπτουν άμεσα χάρτες (Malczewski, 1999). Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι ψηφιδωτά με μέγεθος κελιού 50 μ*50 μ, οι τιμές θα είναι ταξινομημένες και βαθμονομημένες όπως αναφέρθηκε παραπάνω με βάση το 100, και ο τελικός χάρτης θα προκύψει από την άθροιση των σταθμισμένων τιμών των κελιών τους σύμφωνα με την εξίσωση των Argyriou et al. (2016):

$$Fw * Fr \quad (= NLDI)$$

όπου Fw είναι το βάρος κάθε παράγοντα και Fr είναι η κανονικοποιημένη τιμή κάθε τάξης των παραγόντων.

Ο τελικός χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής θα ταξινομηθεί με τη μέθοδο των φυσικών διακοπών σε πέντε (5) τάξεις έτσι ώστε η τάξη 1 με τις χαμηλότερες τιμές να αντιστοιχεί σε πολύ χαμηλή, η τάξη 2 σε χαμηλή, η τάξη 3 σε μέτρια, η τάξη 4 σε υψηλή και η τάξη 5 σε πολύ υψηλή τεκτονική παραμόρφωση.

7.2.3.1 Έλεγχος – Επαλήθευση πολυκριτηριακής ανάλυσης

Για τον έλεγχο και την επαλήθευση της αξιοπιστίας του χάρτη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης, που θα προκύψει από την παραπάνω διαδικασία, θα γίνει σύγκριση με τα αποτελέσματα της μορφοτεκτονικής ανάλυσης των λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα (Κεφάλαιο 4). Συγκεκριμένα στο χάρτη που θα προκύψει από την πολυκριτηριακή ανάλυση θα γίνει υπέρθεση των λεκανών απορροής που ταξινομήθηκαν ως υψηλής και πολύ υψηλής σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας.

7.2.4 Σεισμικό Δυναμικό ρηγμάτων

Τόσο οι πιθανολογικές όσο και οι αιτιοκρατικές αναλύσεις σεισμικού κινδύνου, προϋποθέτουν τον υπολογισμό του μελλοντικού σεισμικού δυναμικού μιας περιοχής (Wells & Coppersmith,

1994). Είναι συχνά απαραίτητος ο υπολογισμός του μέγιστου μεγέθους σεισμού που μπορεί να προκύψει από ένα ρήγμα ή από μία σεισμική πηγή, ενώ είναι γενικά σπάνιο σεισμός αυτού του μεγέθους να έχει λάβει χώρα κατά τη διάρκεια των ιστορικών χρόνων. Άρα το μελλοντικό σεισμικό δυναμικό ενός ρήγματος συνήθως υπολογίζεται από παραμέτρους της σεισμικής διάρρηξης οι οποίες σχετίζονται σχετίζονται με το μέγεθος του σεισμού. Τέτοιες παράμετροι είναι το μήκος και το πλάτος της διάρρηξης.

- **Συσχέτιση μήκους διάρρηξης με μέγεθος σεισμού**

Υπάρχει μία προφανής σχέση μεταξύ της σεισμικότητας και της γεωλογικής δομής αφού οι περισσότεροι σεισμοί συμβαίνουν σε περιοχές όπου υπάρχουν ενεργά ρήγματα (Παυλίδης, 2003). Αποδείξεις επιφανειακής ρηγμάτωσης που σχετίζονται με ιστορικούς σεισμούς είναι πολύ σημαντικές για τις μελέτες τεκτονικής και σεισμικότητας όχι μόνο γιατί επιβεβαιώνουν την ενεργότητα των γνωστών τεκτονικών δομών αλλά γιατί επιτρέπουν και την αναγνώριση νέων. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ενόργανης παρατήρησης, οι πληροφορίες που αφορούν τις τεκτονικές και τις σεισμικές παραμέτρους είναι πλέον βελτιωμένες. Αυτό οφείλεται στο ότι οι πιο λεπτομερείς παρατηρήσεις πεδίου και τα καλύτερα ενόργανα δεδομένα επιτρέπουν την ομοιόμορφη επαναξιολόγηση των ενόργανων καταγραφών των μεγεθών των σεισμών (Ambraseys & Jackson, 1998).

Υπάρχει μια αδιαμφισβήτητη σύνδεση του μήκους της διάρρηξης και της μετατόπισης με το μέγεθος του σεισμού (Ms), δηλαδή με την ενέργεια που εκλύεται κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος. Αυτός είναι και ο λόγος που πολλές παλαιοσεισμολογικές και γεωλογικές μελέτες εστιάζουν στον υπολογισμό των χαρακτηριστικών της διάρρηξης. Πολλοί επιστήμονες έχουν προσπαθήσει να βρουν την εξίσωση (εμπειρική σχέση) που συνδέει αυτά τα δύο μεγέθη (των οποίων η σχέση είναι λογαριθμική). Έχουν προταθεί αρκετές τέτοιες εξισώσεις συσχέτισης (βλέπε πίνακα 5.4 στο Παυλίδης (2003)) οι οποίες έχουν εφαρμοστεί από πολλούς ερευνητές μεμονωμένα ή συγκριτικά (π.χ. από τους Sboras et al., 2010 και Φουντούλης κ.ά., 2007). Οι εμπειρικές αυτές εξισώσεις παλινδρόμησης έχουν δείξει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους σεισμού και των διαφόρων παραμέτρων της διάρρηξης και ως εκ τούτου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια.

Λαμβάνοντας υπόψη τα μήκη των ρηγμάτων, όπως προέκυψαν από τους υπολογισμούς σε περιφερειακή και τοπική κλίμακα και με σκοπό να υπολογιστεί το σεισμικό δυναμικό κάθε ρήγματος, εφαρμόστηκαν για την περιοχή μελέτης οι τρεις (3) εμπειρικές σχέσεις που φαίνονται στον πίνακα 7.3 οι οποίες αφορούν κανονικά ρήγματα και προέκυψαν από παγκόσμια δεδομένα, από δεδομένα του ευρύτερου χώρου της Μεσογείου καθώς και από δεδομένα από την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί πως έχει παρατηρηθεί μεγάλες ζώνες διάρρηξης να μην διαρρηγνύονται σε όλο το μήκος τους κατά τη διάρκεια ενός σεισμικού γεγονότος και ο εντοπισμός των τμημάτων που έχουν επηρεαστεί - αν και είναι δύσκολη διαδικασία- δύναται να δώσει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη διάδοση της διάρρηξης (Schwartz & Coppersmith, 1986).

Πίνακας 7.3. Εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού του μεγέθους του σεισμικού δυναμικού (SRL= μήκος επιφανειακής διάρρηξης, L= επιφανειακό μήκος ρήγματος, Ms= επιφανειακό μέγεθος και Mw= το μέγεθος της σεισμικής ροπής).

Wells & Coppersmith, 1994	$\boldsymbol{Mw = 1,32 * \log\,(SRL) + 4,86}$	*Σχέση από παγκόσμια δεδομένα*
Ambraseys & Jackson, 1998	$\boldsymbol{Ms = 1,14 * \log\,(L) + 5,13}$	*Σχέση από δεδομένα της Μεσογείου*
Pavlides & Caputo, 2004	$\boldsymbol{Ms = 0,90 * \log\,(SRL) + 5,48}$	*Σχέση από δεδομένα της Μεσογείου*

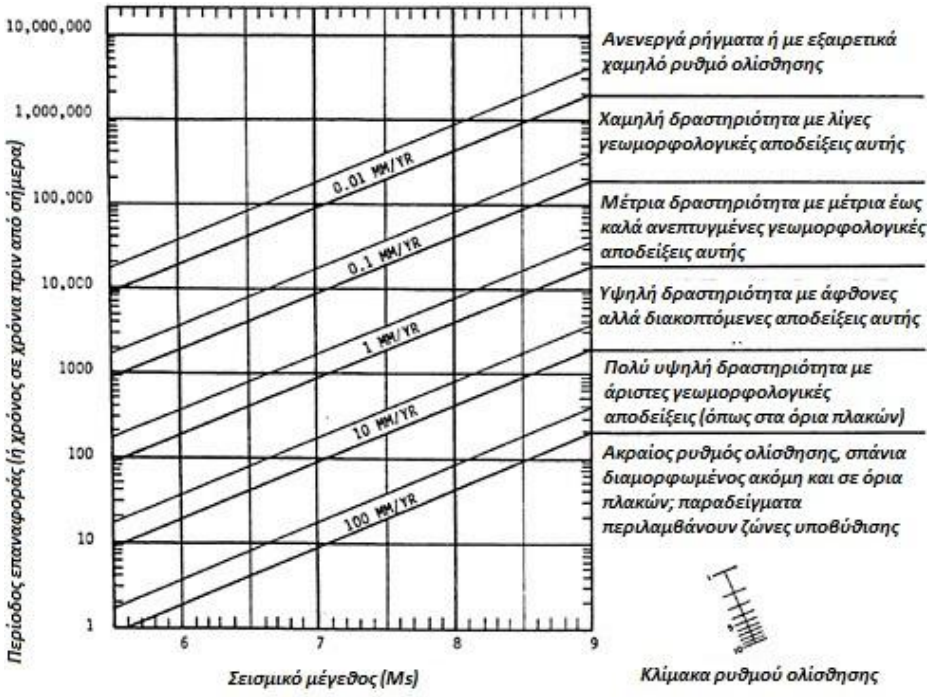
- **Συσχέτιση μεγέθους σεισμού, ρυθμού ολίσθησης ρήγματος και περιόδου επανάληψης**

Ο ρυθμός ολίσθησης είναι η μετατόπιση σε ένα ρήγμα κατά τη διάρκεια μια μετρούμενης χρονικής περιόδου και είναι μία πολύ χρήσιμη παράμετρος τόσο για την κατανόησης της ενεργού τεκτονικής μιας περιοχής όσο και για την ποσοτικοποίηση του σεισμικού κινδύνου αυτής. Αν και ρήγματα με μεγάλους ρυθμούς ολίσθησης σχετίζονται με γενικά μεγάλου μεγέθους σεισμούς, τα ρήγματα που χαρακτηρίζονται από μικρούς ρυθμούς ολίσθησης μπορούν επίσης αν προκαλούν ισχυρούς σεισμούς αλλά με μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα μεταξύ των γεγονότων (Schwartz & Coppersmith, 1986). Συχνά δημιουργούνται σημαντικά προβλήματα όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι από μεμονωμένους ερευνητές για τον υπολογισμό του ρυθμού ολίσθησης, ακόμη και σε κοντινές θέσεις. Για παράδειγμα οι ρυθμοί που προκύπτουν από τη διάνοιξη παλαιοσεισμολογικών τάφρων διαφέρουν από τους ρυθμούς που προκύπτουν από

χρονολογήσεις άλλων γεωμορφολογικών ενδείξεων (που χρειάζονται μόνο δεκάδες χιλιάδες χρόνια για να σχηματιστούν).

Περίοδος επανάληψης είναι η περίοδος μεταξύ δύο συνεχόμενων γεωλογικά αναγνωρίσιμων σεισμών. Η εκσκαφή τάφρων κατά μήκος των ρηγμάτων είναι μια πολύ επιτυχημένη πρακτική για τον εντοπισμό παλαιών γεγονότων, αλλά και η αναγνώριση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών όπως αυτές παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 1.2.4, σελ. 38, παρέχουν επίσης άμεσα πληροφορίες για γεγονότα του παρελθόντος (Schwartz & Coppersmith, 1986).

Το διάγραμμα του σχήματος 7.3 συνδέει τις παραμέτρους «ρυθμός ολίσθησης ρήγματος», «μέγεθος σεισμού» και «περίοδος επανάληψης», με την παραδοχή ότι ένας σεισμός μεγέθους Mw 7 θα προκαλέσει μετατόπιση 1μ, ένας σεισμός Mw 8 θα προκαλέσει μετατόπιση 5μ και ένας Mw 9 θα προκαλέσει μετατόπιση 20 μ. Τέλος σημειώνεται πως παρά το γεγονός πως ο μέσος ρυθμός ολίσθησης και η περίοδος επανάληψης έχουν περιορισμούς στην πρόβλεψη του μεγέθους και του χρόνου της επόμενης διάρρηξης, παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για το σχεδιασμό των χρήσεων γης, των οικοδομικών κανονισμών και την εκπόνηση τεχνικών μελετών γενικότερα (Keller & Pinter, 2002).



Σχήμα 7.3. Σχέσεις μεταξύ περιόδου επανάληψης, ρυθμού ολίσθησης και μεγέθους σεισμού. Το διάγραμμα υποθέτει πως το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας απελευθερώνεται μέσω της εκδήλωσης σεισμού πάρα από ασεισμική δραστηριότητα και πως η μέση μετατόπιση είναι μισή της μέγιστης (τροποποιημένο από Slemmons & Depolo, 1986).

7.3 Αποτελέσματα

Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης, της ασαφούς δηλαδή αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας, τα βάρη που προέκυψαν για κάθε παράγοντα και η χρήση τους για τη διαμόρφωση της συνολικής βαθμολογίας σημαντικότητας. Το πρώτο αυτό μέρος περιλαμβάνει και την επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

Στο δεύτερο μέρος υπολογίζεται με εμπειρικές σχέσεις το σεισμικό δυναμικό των ρηγμάτων, το οποίο περιλαμβάνει το μέγιστο μέγεθος σεισμού που μπορεί να δώσει κάθε υπό μελέτη ζώνη αλλά και τον υπολογισμό της περιόδου επανάληψης με τη χρήση του ανωτέρου αναφερόμενου μεγέθους και με ρυθμούς ολίσθησης από βιβλιογραφικά δεδομένα.

7.3.1 Υπολογισμός μορφοτεκτονικών κριτηρίων

Εκτός από τις παραμέτρους που υπολογίστηκαν σε προηγούμενα κεφάλαιο, στην ανάλυση του παρόντος κεφαλαίου υπολογίστηκαν δύο επιπλέον μορφομετρικοί δείκτες. Ο δείκτης εύρος αναγλύφου (Ar) υπολογίστηκε για την περιοχή μελέτης μεταξύ 13,3 και 798 μ. Τιμές μεγαλύτερες από 300 μ συγκεντρώνονται στα ανερχόμενα τεμάχη των ρηξιγενών ζωνών, ενώ οι μικρότερες τιμές αντιστοιχούν στις αλλουβιακές πεδιάδες της περιοχής μελέτης όπως φαίνεται στο σχήμα 7.4.

Ο κανονικοποιημένος δείκτης μήκους - κλίσης ρέματος (SLk) υπολογίστηκε σε 4311 σημεία κατά μήκος των κεντρικών κοιτών των υδρογραφικών δικτύων της περιοχής. Οι τιμές του δείκτη είναι μεταξύ 0 και 127,72 μ. Από τις τιμές των σημείων αυτών κατασκευάστηκε ο χάρτης ανωμαλιών του σχήματος 7.5 με εύρος 0-24,99 και ταξινομήθηκε σε 10 κλάσεις με τη μέθοδο των φυσικών διακοπών. Οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζουν μία τάση απομάκρυνσης από τις άλλες τάξεις (ανωμαλίες) και εντοπίζονται στις ρηξιγενείς ζώνες Δίρφυς και Τελέθριο, ενώ μεγάλες ανωμαλίες επίσης εντοπίζονται στις ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής, στο Κανδήλι και στην περιοχή των Ωρεών. Η γενική εικόνα του χάρτη στις περισσότερες περιπτώσεις αντικατοπτρίζει το τεκτονικό καθεστώς αφού στις θέσεις που επηρεάζονται από ενεργά ρήγματα οι τιμές του δείκτη είναι υψηλές.

7.3.2 Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης

Οι θεματικοί χάρτες χωρικής κατανομής που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα ανάλυση, παράγοντας εύρος αναγλύφου, κανονικοποιημένος δείκτης μήκους-κλίσης ρέματος, υδρογραφική πυκνότητα, υδρογραφική συχνότητα, κλίση, τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης, πυκνότητα και συχνότητα γραμμώσεων και λιθολογία, φαίνονται αντίστοιχα στα σχήματα 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 7.1, 7.11 και 7.12.

Οι βαθμονομημένες και οι κανονικοποιημένες τιμές των εννέα (9) παραγόντων που χρησιμοποιήθηκαν στην ασαφή αναλυτική ιεράρχηση καθώς και τα βάρη που τους δόθηκαν φαίνονται στον πίνακα 7.5. Όλα τα στάδια για τον υπολογισμό των συντελεστών βαρύτητας και ο έλεγχος των λογικών σφαλμάτων μέσω του υπολογισμού του λόγου συνέπειας CR, τα οποία βασίζονται στη μεθοδολογία που περιγράφεται στις παραγράφους 4.2.3 και 7.2.3 καθώς και τα αποτελέσματα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 7.4. Η διαδικασία ξεκινάει με τη σύγκριση των μεταβλητών ανά ζεύγη, δηλαδή οι εννέα παράγοντες συγκρίνονται ανά δύο, υπολογίζονται οι συντελεστές βαρύτητας και ακολουθεί ο έλεγχος λογικών σφαλμάτων από τον οποίο προκύπτει πως CR=0,041 < 0,1 οπότε ο πίνακας συγκρίσεων/αποφάσεων (decision matrix) είναι συνεπής.

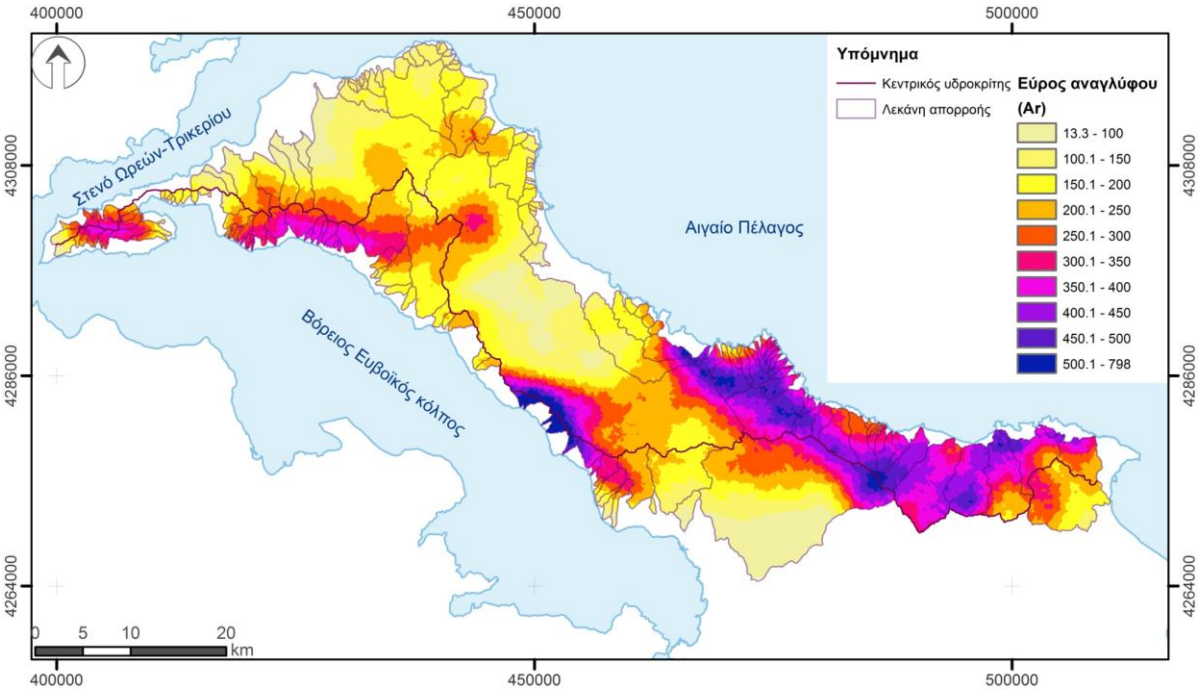
Όλες οι παράμετροι επικρατούν της λιθολογίας (είναι ισχυρά ή ουσιαστικά σημαντικότερες) και παίρνουν τιμές (3,4,5) ή (4,5,6) (ενώ μέτρια σημαντικότερες χαρακτηρίζονται οι παράμετροι Ld, Lf και Twi και λαμβάνουν τιμές (2,3,4)). Αυτό συμβαίνει γιατί οι εν λόγω παράμετροι είναι μερικώς εξαρτημένες από τη λιθολογία, και σε σύγκριση με τον παράγοντα Twi, οι παράγοντες Ar, Slk, Ld και Lf είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας. Ακολούθως, οι παράγοντες Dd, Fu και S επηρεάζονται από τον Twi και θεωρούνται ελαφρώς έως μέτρια πιο σημαντικοί στον πίνακα συγκρίσεων. Οι παράμετροι Ar, SLk, Ld και Lf είναι ελαφρώς έως μέτρια πιο σημαντικές (παίρνουν τις τιμές (2,3,4) στον πίνακα συγκρίσεων) από τις γεωμορφολογικές παραμέτρους (Dd, Fu, S). Οι παράγοντες Ar και SLk θεωρούνται ελαφρώς πιο σημαντικοί σε σύγκριση με τους Ld και Lf (παίρνουν τιμές (1,2,3) στον πίνακα συγκρίσεων). Τέλος, ίδια σημαντικότητα αποδίδεται στις ομάδες παραγόντων Dd-Fu-S, Ld και Lf, Ar και SLk δεδομένου ότι παρέχουν πληροφορίες ανάλογης φύσης.

Ο τελικός χάρτης τεκτονικής παραμόρφωσης που προέκυψε από το σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό των παραπάνω αναφερόμενων παραγόντων παρουσιάζεται στο σχήμα 7.13 όπου οι μεγαλύτερες τιμές αντιστοιχούν σε υψηλότερη τεκτονική παραμόρφωση. Μετά από την επανα-

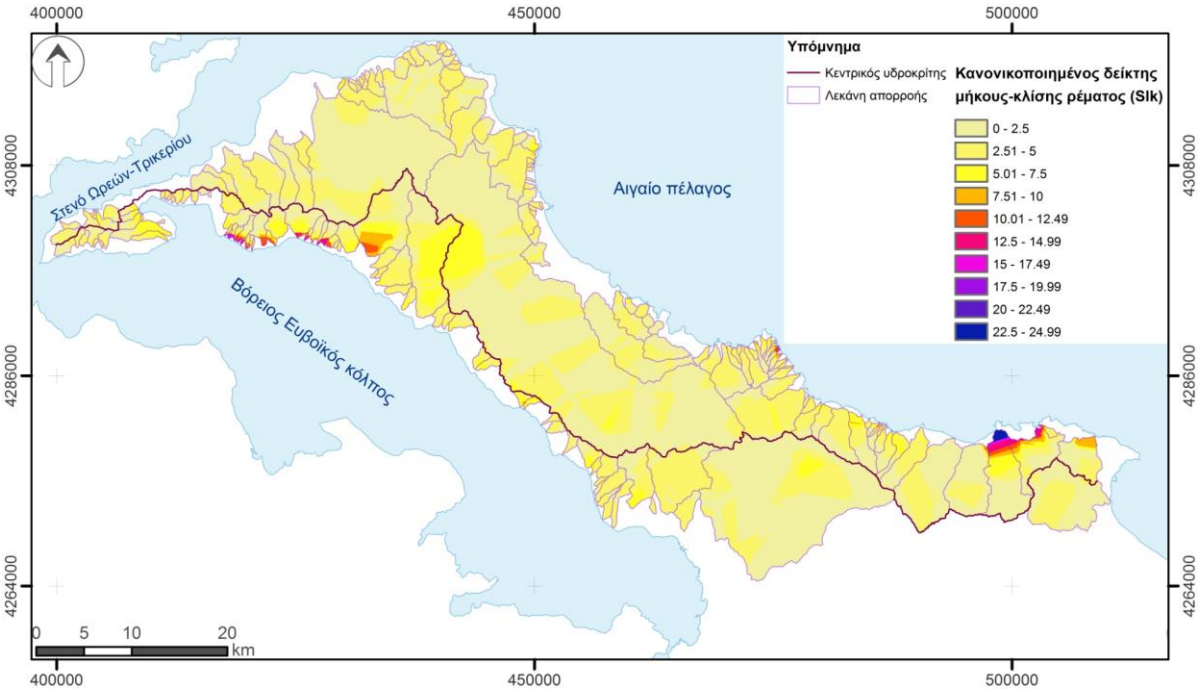
ταξινόμηση αυτού σε 5 τάξεις με τη μέθοδο των φυσικών διακοπών προέκυψε ο χάρτης του σχήματος 7.14 σύμφωνα με τον οποίο οι πέντε τάξεις τεκτονικής παραμόρφωσης είναι οι παρακάτω:

1. πολύ χαμηλή (17,15-30,32),
2. χαμηλή (30,33-37,15),
3. μέτρια (37,16-43,74),
4. υψηλή (43,75-53,25),
5. πολύ υψηλή (53,26-79,35).

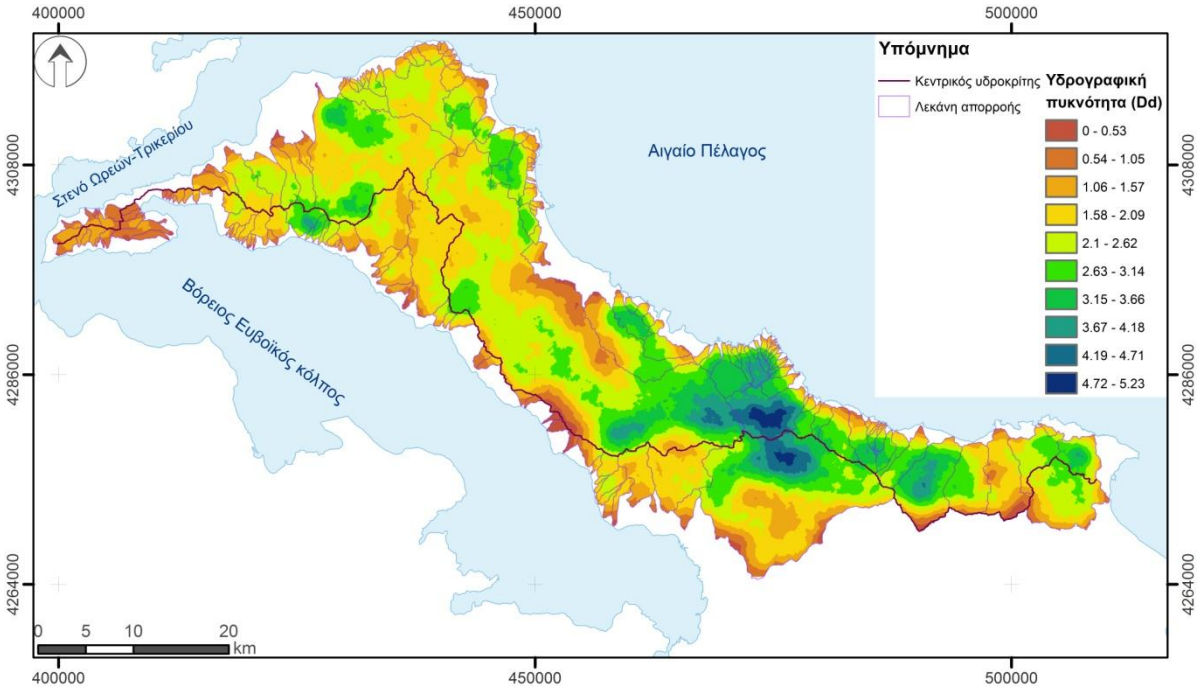
Από τη μελέτη των χαρτών των σχημάτων 7.13 και 7.14, φαίνεται πως εκτός από τις περιοχές που δέχονται την άμεση επίδραση των ρηξιγενών ζωνών Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου και του στενού Ωρεών και οι οποίες παρουσιάζουν υψηλή έως πολύ υψηλή τεκτονική παραμόρφωση, υψηλές τιμές παρουσιάζει επίσης η περιοχή του βορειανατολικού τμήματος της βόρειας Εύβοιας. Η περιοχή αυτή δεν αναγνωρίστηκε ως υψηλής τεκτονική δραστηριότητας από την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα και ως εκ τούτου δεν αναλύθηκε σε τοπική κλίμακα. Από την παρατήρηση του ρηξιγενούς ιστού, μπορεί να σημειωθεί πως στην περιοχή αυτή υπάρχουν πολλά ενεργά κανονικά ρήγματα τόσο υψηλού, όσο και μετρίου κινδύνου διακινδύνευσης (με βάση τη ψηφιακή βάση δεδομένων για τα ενεργά ρήγματα της Ελλάδας των Ganas et al. (2013)), τα οποία φαίνεται πως ευθύνονται για την ταξινόμηση αυτή. Άλλωστε η περιοχή αυτή γενικότερα χαρακτηρίζεται από περισσότερο τραχύ ανάγλυφο σε σύγκριση με τις γειτονικές της περιοχές, έχει μεγαλύτερη κλίση αλλά και μεγαλύτερη συχνότητα υδρογραφικού δικτύου. Από λιθολογικής άποψης καταλαμβάνεται από οφιολίθους (ανθεκτικούς σχηματισμούς που ανήκουν στην ομάδα 4), τουλάχιστον στις περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές πολύ υψηλής τεκτονικής παραμόρφωσης ($1^{η}$ τάξη).



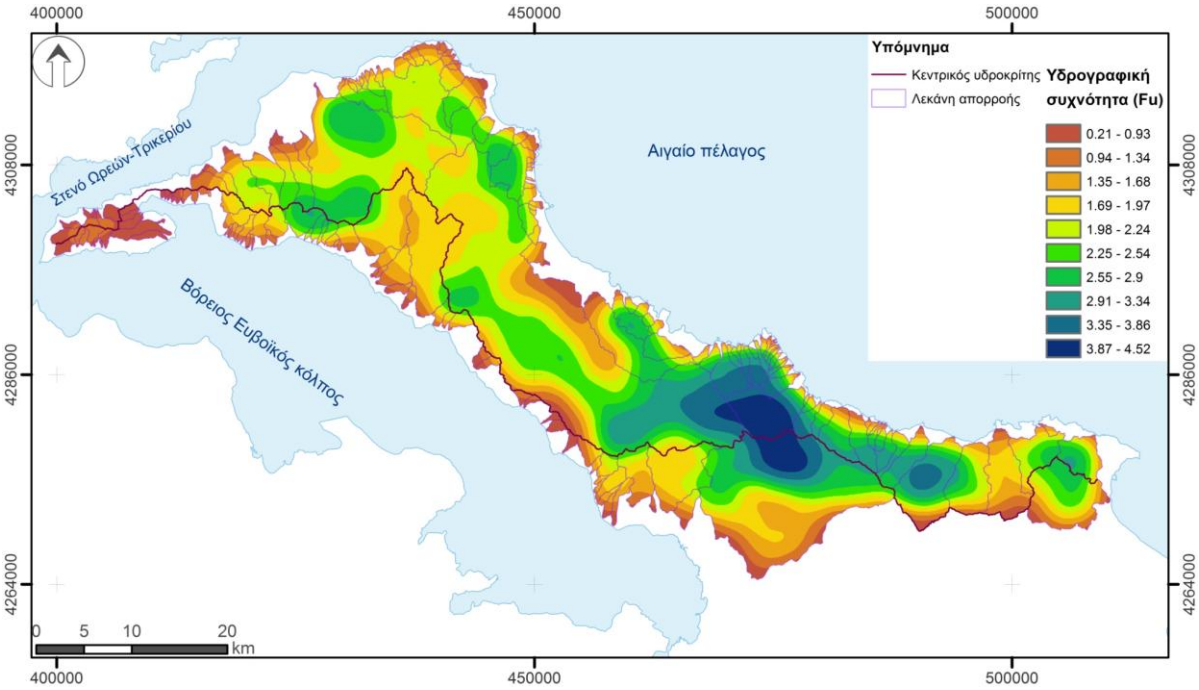
Σχήμα 7.4. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «εύρος αναγλύφου» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



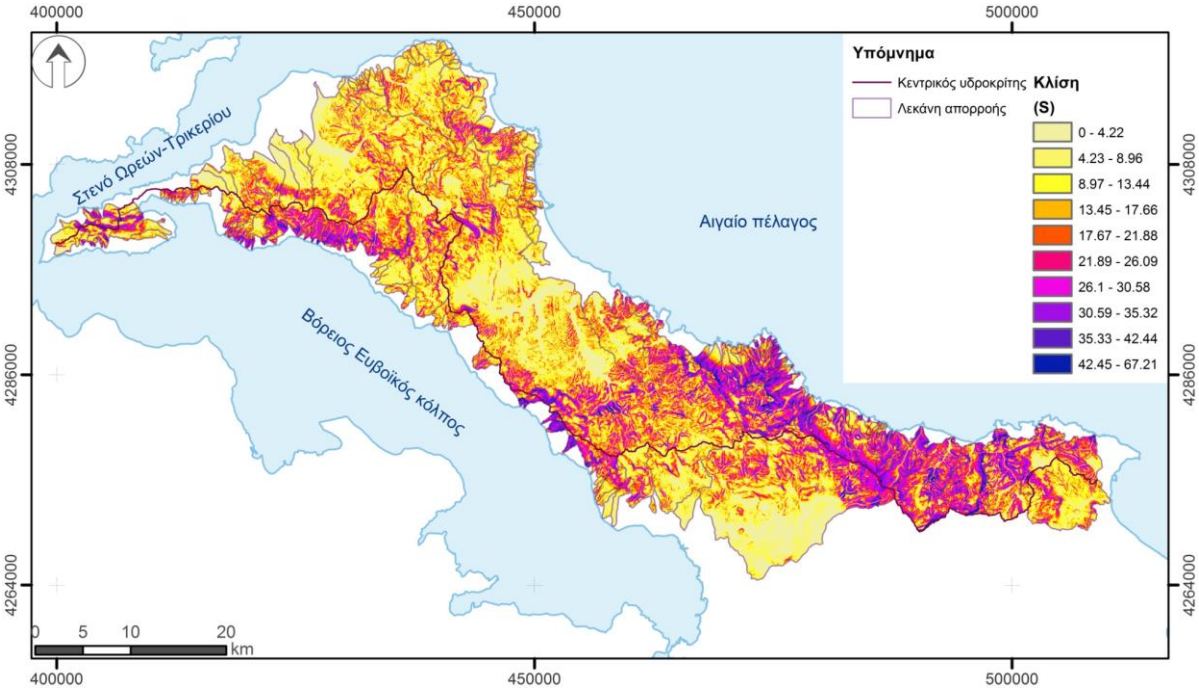
Σχήμα 7.5. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «κανονικοποιημένος δείκτης μήκους-κλίσης ρέματος» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



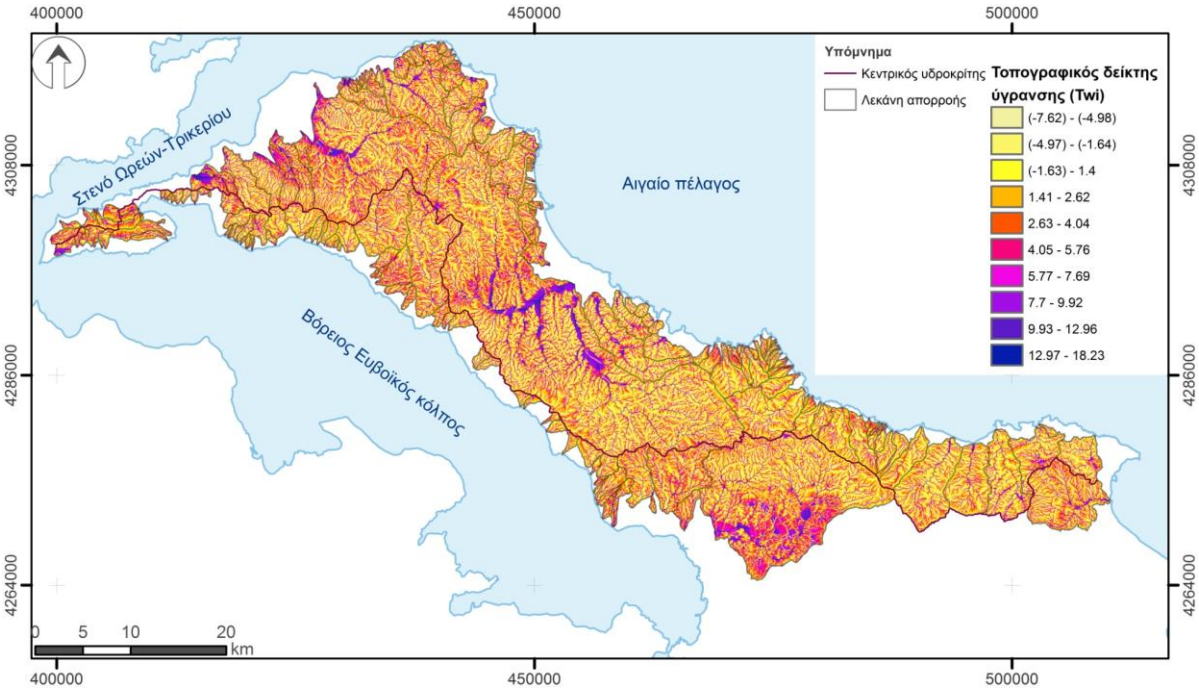
Σχήμα 7.6. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



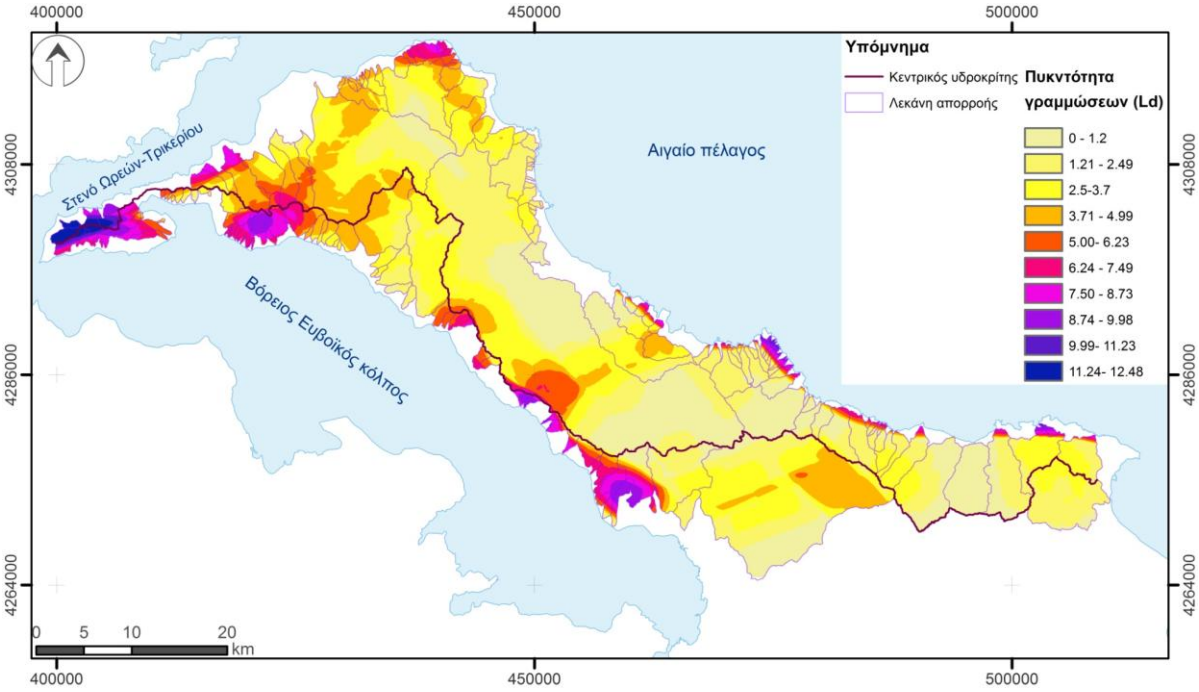
Σχήμα 7.7. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «συχνότητα υδρογραφικού δικτύου» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



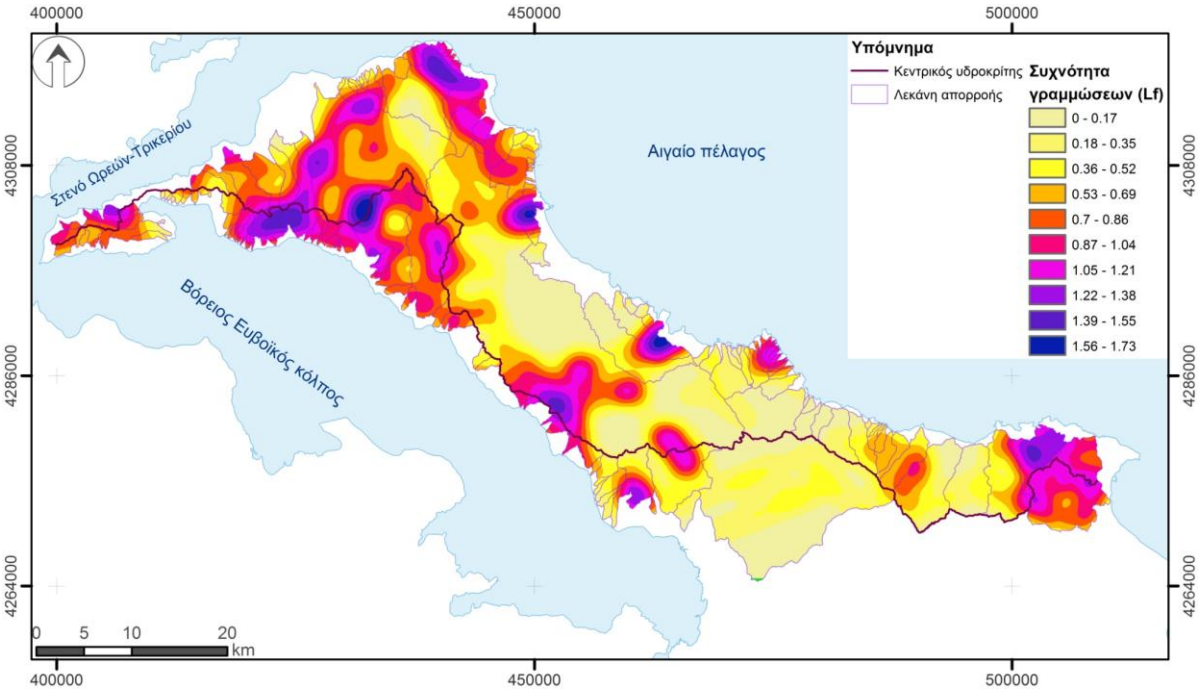
Σχήμα 7.8. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «κλίση» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



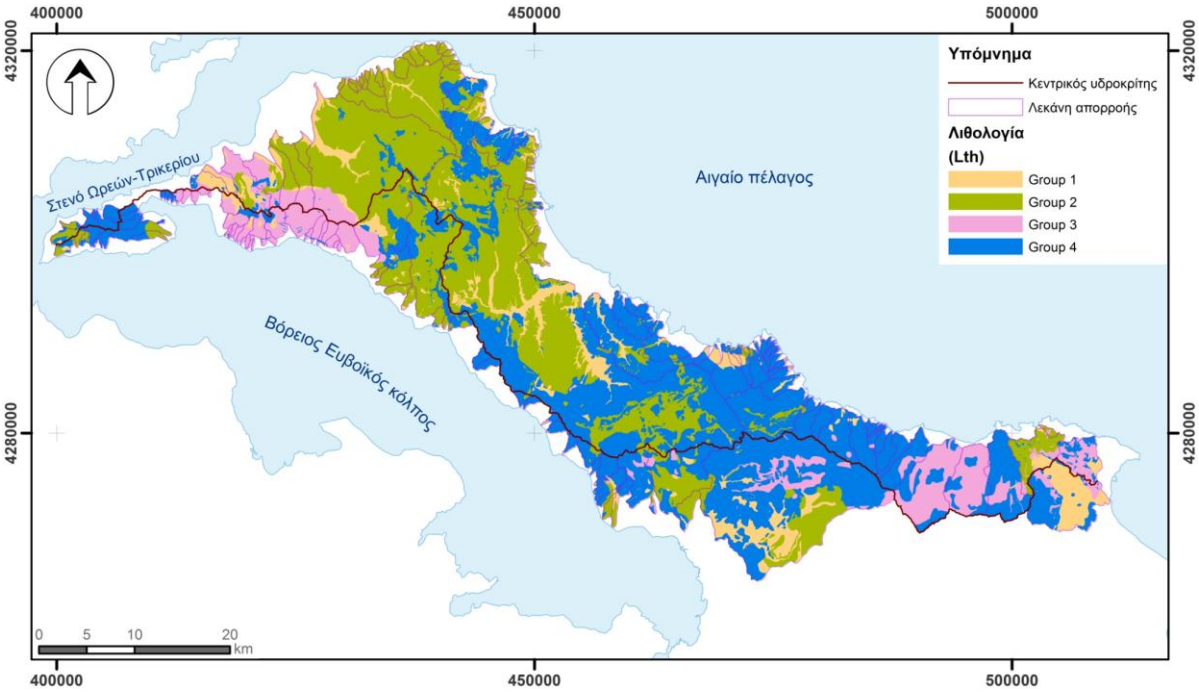
Σχήμα 7.9. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης (twi)» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



Σχήμα 7.10. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «πυκνότητα γραμμώσεων» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



Σχήμα 7.11. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «συχνότητα γραμμώσεων» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



Σχήμα 7.12. Χάρτης χωρικής κατανομής του παράγοντα «λιθολογία» που χρησιμοποιήθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση.

Πίνακας 7.4. Ασαφής τριγωνικής κλίμακας πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη, υπολογισμός ασαφών και σαφών συντελεστών βαρύτητας καθώς και των κανονικοποιημένων τους τιμών και έλεγχος λογικών σφαλμάτων των εννέα παραγόντων.

Ar: εύρος αναγλύφου, Slk: κανονικοποιημένος δείκτης μήκους-κλίσης ρέματος, Dd και Fu: υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα, S: κλίση, Twi: τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης, Ld και Lf: πυκνότητα και συχνότητα γραμμώσεων, Lith: λιθολογία, Σ.Β.: συντελεστής βαρύτητας, WV: διάνυσμα σταθμισμένου αθροίσματος, C: διανυσματική συνοχή, λ: μέγιστη ιδιοτιμή, CI: δείκτης συνέπειας, CR: λόγος συνέπειας.

	Ar	SLk	Ld	Lf	Dd	Fu	S	Twi	Lth
Ar	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1,2,3)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(5,6,7)	(4,5,6)
SLk	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1,2,3)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(5,6,7)	(4,5,6)
Ld	(1/3,1/2,1)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(4,5,6)	(2,3,4)
Lf	(1/3,1/2,1)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(4,5,6)	(2,3,4)
Dd	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(3,4,5)
Fu	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(3,4,5)
S	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(3,4,5)
Twi	(1/7,1/6,1/5)	(1/7,1/6,1/5)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(2,3,4)
Lth	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/5,1/4,1/3)	(1/5,1/4,1/3)	(1/5,1/4,1/3)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)

	Ασαφής γεωμετρικός μέσος όρος
Ar	(1.76, 2.46, 3.07)
SLk	(1.76, 2.46, 3.07)
Ld	(1.24, 1.67, 2.26)
Lf	(1.24, 1.67, 2.26)
Dd	(0.66, 0.81, 1.03)
Fu	(0.66, 0.81, 0.95)
S	(0.61, 0.77, 0.99)
Twi	(0.31, 0.38, 0.51)
Lth	(0.25, 0.31, 0.4)
Άθροισμα	(8.49, 11.34, 14.54)

	Ασαφής Σ.Β.	Σ.Β.	Κανονικοποιημένος Σ.Β.
Ar	(0.12, 0.22, 0.37)	0.237	0.21
SLk	(0.12, 0.22, 0.37)	0.237	0.21
Ld	(0.09, 0.15, 0.27)	0.17	0.15
Lf	(0.09, 0.15, 0.27)	0.17	0.15
Dd	(0.05, 0.07, 0.12)	0.08	0.07
Fu	(0.05, 0.07, 0.11)	0.077	0.07
S	(0.04, 0.07, 0.12)	0.077	0.07
Twi	(0.02, 0.04, 0.06)	0.04	0.04
Lth	(0.02, 0.03, 0.05)	0.033	0.03
Άθροισμα		1.12	1.00

Υπολογισμός CR						
	Σ.Β.	WV	C	λ	CI	CR
Ar	0.21	2.0400	9.714	9.4718	0.059	0.041
SLk	0.21	2.0400	9.714			
Ld	0.15	1.4300	9.533			
Lf	0.15	1.4300	9.533			
Dd	0.07	0.6876	9.823			
Fu	0.07	0.6876	9.823			
S	0.07	0.6476	9.251			
Twi	0.04	0.3426	8.565			
Lth	0.03	0.2787	9.290			
Άθροισμα			85.246			

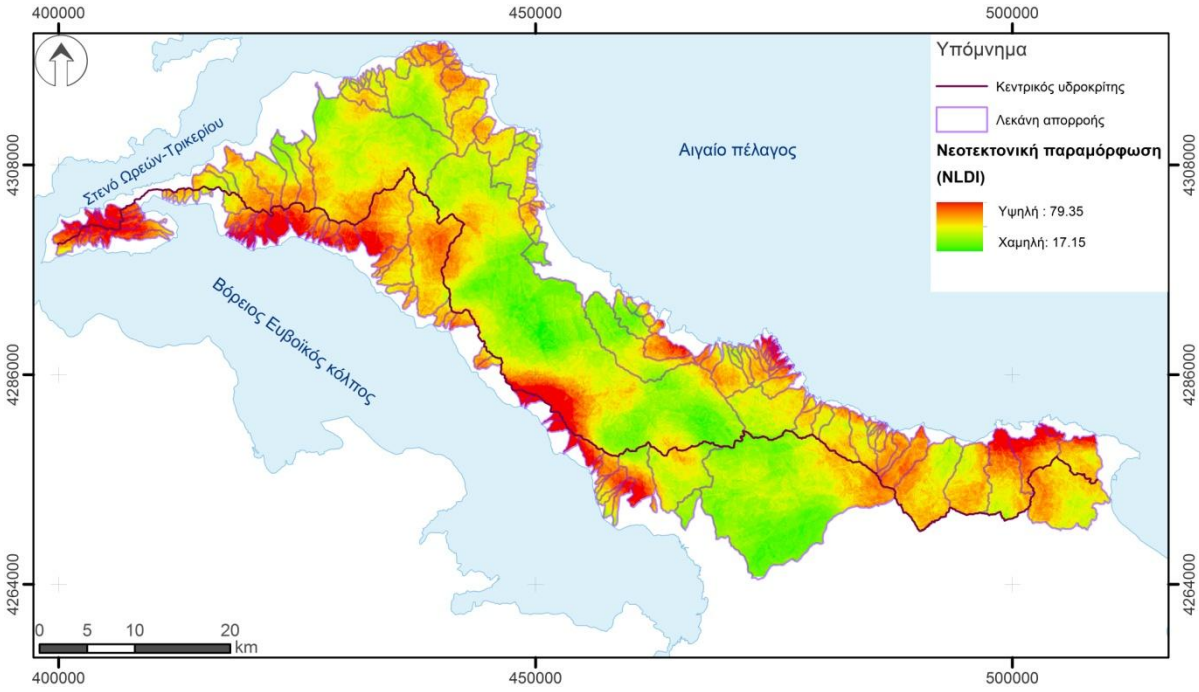
Πίνακας 7.5. Πίνακας ταξινόμησης με τη μέθοδο φυσικών διακοπών των εννέα παραγόντων που θα χρησιμοποιηθούν στην πολυκριτηριακή ανάλυση.

Στον πίνακα φαίνονται και οι κανονικοποιημένες τιμές.

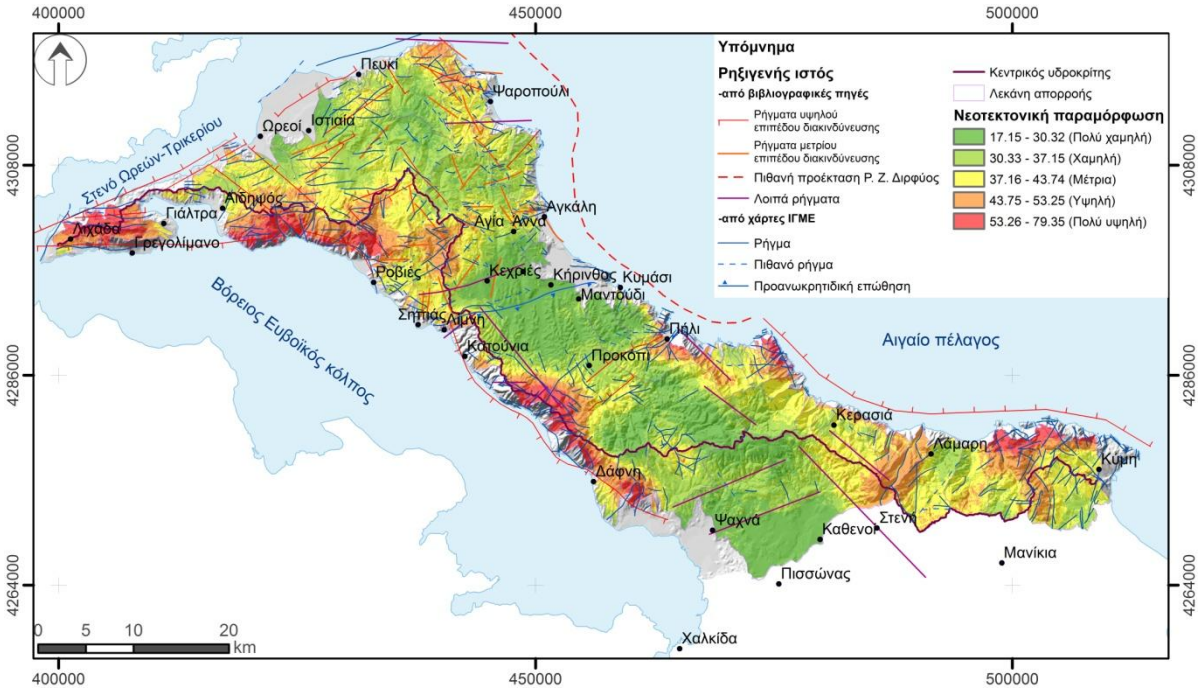
Παράγοντες	Συντελεστές βαρύτητας	Τάξεις	Τιμές ταξινόμησης	Κανονικοποιημένες τιμές ταξινόμησης
Εύρος αναγλύφου (Ar)	0.21	500.1 - 798	10	100
		450.1 - 500	9	90
		400.1 - 450	8	80
		350.1 - 400	7	70
		300.1 - 350	6	60
		250.1 - 300	5	50
		200.1 - 250	4	40
		150.1 - 200	3	30
		100.1 - 150	2	20
		13.3 - 100	1	10
Κανονικοποιημένος δείκτης μήκους-κλίσης ρέματος (SLk)	0.21	22.5 - 24.99	10	100
		20 - 22.49	9	90
		17.5 - 19.99	8	80
		15 - 17.49	7	70
		12.5 - 14.99	6	60
		10.01 - 12.49	5	50
		7.51 - 10	4	40
		5.01 - 7.5	3	30
		2.51 - 5	2	20
		0 - 2.5	1	10
Υδρογραφική πυκνότητα (Dd)	0.07	0 - 0.53	10	100
		0.54 - 1.05	9	90
		1.06 - 1.57	8	80
		1.58 - 2.09	7	70
		2.1 - 2.62	6	60
		2.63 - 3.14	5	50
		3.15 - 3.66	4	40
		3.67 - 4.18	3	30
		4.19 - 4.71	2	20
		4.72 - 5.23	1	10
Υδρογραφική συχνότητα (Fu)	0.07	0.21 - 0.93	10	100
		0.94 - 1.34	9	90
		1.35 - 1.68	8	80
		1.69 - 1.97	7	70
		1.98 - 2.24	6	60
		2.25 - 2.54	5	50
		2.55 - 2.90	4	40
		2.91 - 3.34	3	30
		3.35 - 3.86	2	20
		3.87 - 4.52	1	10

(συνέχεια πίνακα 7.5)

Παράγοντες	Συντελεστές βαρύτητας	Τάξεις	Τιμές ταξινόμησης	Κανονικοποιημένες τιμές ταξινόμησης
Κλίση (S)	0.07	42.45 - 67.21	10	100
		35.33 - 42.44	9	90
		30.59 - 35.32	8	80
		26.10 - 30.58	7	70
		21.89 - 26.09	6	60
		17.67 - 21.88	5	50
		13.45 - 17.66	4	40
		8.97 - 13.44	3	30
		4.23 - 8.96	2	20
		0 - 4.22	1	10
Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης (Twi)	0.04	(-7.62) - (-4.98)	10	100
		(-4.97) - (-1.64)	9	90
		(-1.63) - 1.4	8	80
		1.41 - 2.62	7	70
		2.63 - 4.04	6	60
		4.05 - 5.76	5	50
		5.77 - 7.69	4	40
		7.70 - 9.92	3	30
		9.93 - 12.96	2	20
		12.97 - 18.23	1	10
Πυκνότητα γραμμώσεων (Ld)	0.15	11.24 - 12.48	10	100
		9.99 - 11.23	9	90
		8.74 - 9.98	8	80
		7.5 - 8.73	7	70
		6.24 - 7.49	6	60
		5 - 6.23	5	50
		3.71 - 4.99	4	40
		2.5 - 3.7	3	30
		1.21 - 2.49	2	20
		0 - 1.2	1	10
Συχνότητα γραμμώσεων (Lf)	0.15	1.56 - 1.73	10	100
		1.39 - 1.55	9	90
		1.22 - 1.38	8	80
		1.05 - 1.21	7	70
		0.87 - 1.04	6	60
		0.40 - 0.86	5	50
		0.53 - 0.39	4	40
		0.36 - 0.52	3	30
		0.18 - 0.35	2	20
		0 - 0.17	1	10
Λιθολογία (Lth)	0.03	group 1	4	100
		group 2	3	75
		group 3	2	50
		group 4	1	25



Σχήμα 7.13. Χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από την ασαφή αναλυτική ιεράρχηση και το σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό εννέα (9) παραγόντων.



Σχήμα 7.14. Επανα-ταξινομημένος χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από την ασαφή αναλυτική ιεράρχηση και το σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό εννέα (9) παραγόντων. Στο χάρτη φαίνεται επίσης ο ρηξιγενής ιστός της περιοχής μελέτης.

7.3.2.1 Σύγκριση της υπολογισθείσας νεοτεκτονικής παραμόρφωσης με τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε περιφερειακή κλίμακα

Προκειμένου να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα της εκτίμησης της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης, χρησιμοποιήθηκαν τα συμπεράσματα του κεφαλαίου 4 που αφορούν το βαθμό τεκτονικής δραστηριότητας των λεκανών απορροής όπου κάποιες χαρακτηρίστηκαν πιθανές ζώνες υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας. Με τον τρόπο αυτό προέκυψε ο συγκριτικός χάρτης του σχήματος 7.17 και κατασκευάστηκαν τα τοπογραφικά προφίλ του σχήματος 7.18 κατά μήκος των οποίων φαίνονται οι τιμές του δείκτη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης (NLDI) σε σύγκριση με τις τιμές του δείκτη σχετικής ενεργού τεκτονικής (IRTA). Στα εν λόγω σχήματα φαίνεται πως στις περισσότερες περιοχές, με εξαίρεση το βόρειο και ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης, η υψηλή και πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα ταυτίζεται με περιοχές όπου επικρατεί η νεοτεκτονική παραμόρφωση. Από τη μελέτη του συγκριτικού χάρτη (στον οποίο φαίνεται επίσης ο ρηξιγενής ιστός της περιοχής μελέτης) καθώς και των τοπογραφικών προφίλ, συμπεραίνονται τα παρακάτω:

- η ρηξιγενής ζώνη Δίρφυος φαίνεται να αποτελείται από επιμέρους τμήματα, όπως πιστοποιείται και από την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα. Η συνέχεια της ζώνης φαίνεται να διακόπτεται στην περιοχή των λεκανών No84 - No85 οι οποίες δεν είχαν συμπεριληφθεί στην ανάλυση σε τοπική κλίμακα γιατί δεν χαρακτηρίστηκαν ως υψηλής ή πολύ υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας στην πρώτη φάση της ανάλυσης. Το μήκος του νότιου τμήματος της ζώνης είναι 20,72 χλμ και του βόρειου τμήματος 24,11 χλμ, ενώ για την ενιαία θεώρηση το συνολικό μήκος είναι 44,83 χλμ. Τα δύο τμήματα θεωρούνται υποδιαίρεση της ίδιας ρηξιγενούς ζώνης και για το λόγο αυτό παρακάτω μελετώνται επιπλέον και συνολικά. Τα όρια της ζώνης έχουν χαραχθεί βιβλιογραφικά και επιβεβαιώνονται από την πολυκριτηριακή ανάλυση και τις λοιπές μεθοδολογικές προσεγγίσεις που προηγήθηκαν (στην περιοχή που διαχωρίζονται τα δύο τμήματα, εντοπίζεται και η μεγαλύτερη σε έκταση λεκάνη απορροής της ζώνης, η λεκάνη No85). Σημαντική περιοχή της ζώνης αποτελεί η βόρεια απόληξή της όπου τέμνεται με τη ζώνη Προκόπι-Πήλι. Από την περιοχή αυτή και βορειότερα η ανύψωση είναι περιορισμένη και το ανάγλυφο γίνεται πιο ομαλό (Σχήμα 7.16) περιορίζοντας την

πιθανότητα προέκτασης της ζώνης Δίρφυος (στην παράγραφο 5.3.1 αναφέρεται πιο αναλυτικά ως εμπόδιο της συνέχισης προς βορά της διάρρηξη της ζώνης Δίρφυος),

- η ρηξιγενής ζώνη Κανδηλίου φαίνεται να αποτελείται επίσης από επιμέρους τμήματα με περισσότερο ενεργό το νοτιότερο (περίπου από τη λεκάνη απορροής No60 και έως τη λεκάνη No75) με μήκος 22,73 χλμ (το βορειότερο δεν μελετήθηκε γιατί λόγω της μικρής τάξης των υδρογραφικών δικτύων που αποστραγγίζουν το ανυψούμενο τέμαχος δεν ήταν δυνατό να υπολογιστούν οι παράμετροι που αφορούν τη λεπτομερέστερη ανάλυση). Στο σημείο που διαχωρίζονται τα δύο τμήματα της ζώνης (εικόνα του σχήματος 7.15) υπάρχει ένα κάθετο ρήγμα, ο καθρέφτης του οποίου εντοπίστηκε από την έρευνα πεδίου (Σχήμα 7.21). Να σημειωθεί πως η πιθανότητα ύπαρξης του ρήγματος στην περιοχή είχε εντοπιστεί και από την τοπογραφική ανάλυση του κεφαλαίου 3 (παράγραφος 3.3.3). Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί πως στον τεκτονικό χάρτη του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου των Sakellariou et al. (2007), το εν λόγω ρήγμα φαίνεται να συνεχίζεται υποθαλάσσια προς τα ΒΔ διασχίζοντας τον κόλπο και φτάνοντας τον Αγ. Κωνσταντίνο της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (συγκεκριμένα, φαίνεται μεταξύ τις νότιας και κεντρικής υπολεκάνης του κόλπου και φτάνει έως τη δυτική, όπως παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.3.1). Οι Palyvos et al. (2006) το προεκτείνουν ανατολικά έως τον Κηρέα λίγο βορειότερα της ρηξιγενούς ζώνης Προκόπι – Πήλι,
- η ρηξιγενής ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου αποτελείται από δύο τμήματα με περισσότερο ενεργό το τμήμα Τελέθριου με μήκος 10,05 χλμ. Το τμήμα αυτό μελετήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και σε τοπική κλίμακα. Τα ρήγματα Τελέθριο και Γρεγολίμανο μπορούν να θεωρηθούν τμήματα της ίδιας ρηξιγενούς ζώνης και για το λόγο αυτό παρακάτω μελετώνται επιπλέον και συνολικά. Οι τομές που αντιστοιχούν στη ζώνη αυτή (Σχήμα 7.18, β και γ) δείχνουν αύξηση της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας και της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης από τη ανατολή προς τη δύση,
- η ρηξιγενής ζώνη στενού Ωρεών φαίνεται να αποτελείται από δύο τμήματα; ανατολικά και δυτικά του δελταϊκού ριπιδίου του Ξηροπόταμου Ιστιαίας. Για το ανατολικό τμήμα δεν μπορεί να υπολογιστεί με σαφήνεια το μήκος του ρήγματος γιατί λόγω των ευδιάβρωτων σχηματισμών το ίχνος του ρήγματος είναι μη ορατό ενώ στην περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου χάνεται με αποτέλεσμα να μη μπορεί να εντοπιστεί η δυτική του απόληξη μέσω της ανάλυσης. Στο δυτικό τμήμα η παραμόρφωση είναι

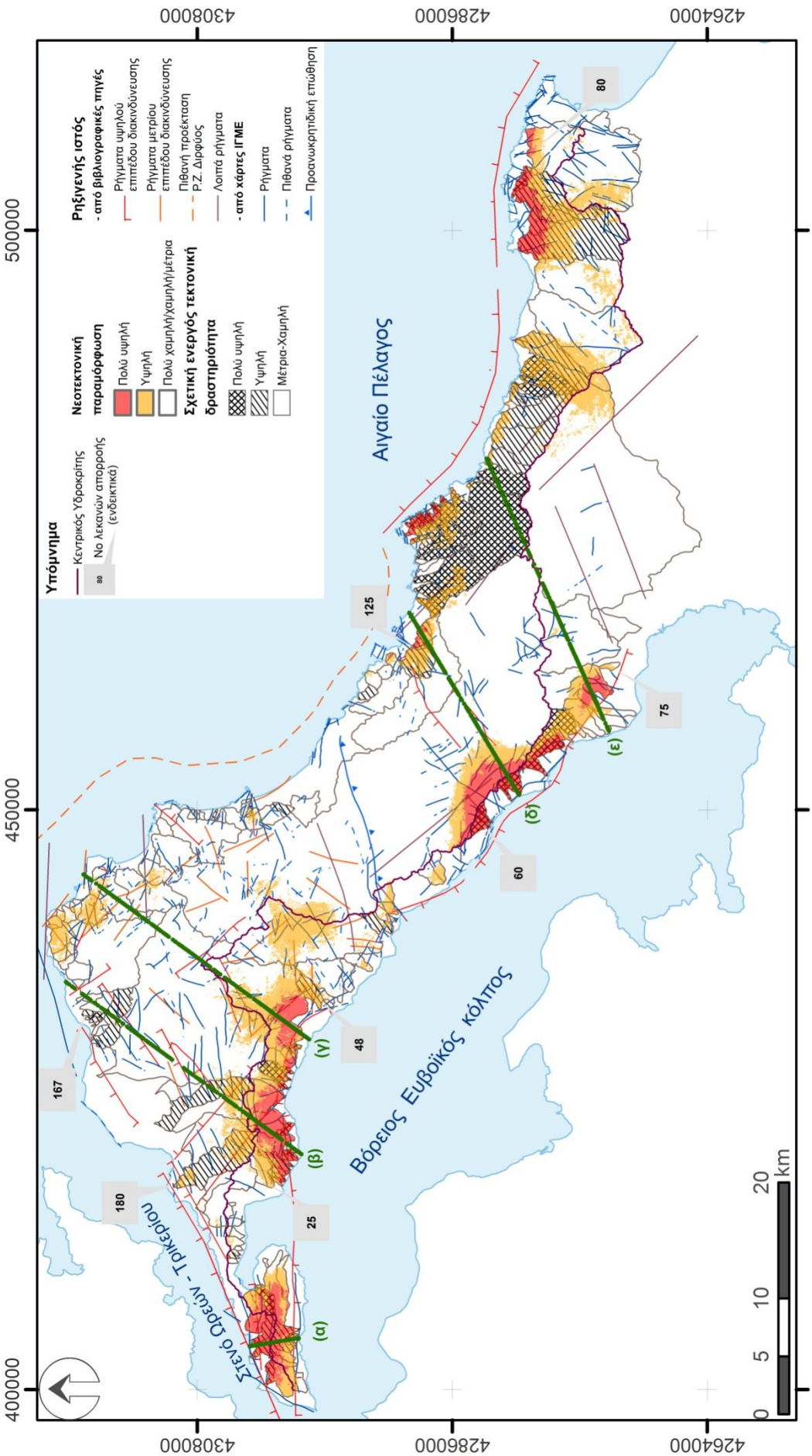
περισσότερο πιθανό να προέρχεται από τα δύο (2) παράλληλα ρήγματα τα οποία είναι κάθετα προς τη ζώνη. Αυτή η άποψη ενισχύεται από το ότι μεταξύ αυτών εντοπίζεται η μεγαλύτερη επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας στα ποτάμια συστήματα. Η δυτική απόληξη δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί λόγω της παρουσίας υδρογραφικών δικτύων μικρών τάξεων που δεν επιτρέπουν τον υπολογισμό όλων των δεικτών. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ακριβώς το ρήγμα που δημιουργεί την παραμόρφωση. Δύσκολη επίσης είναι η συσχέτιση ενός ρήγματος με κάποιο σεισμικό γεγονός ακόμη και από τα σύγχρονα ενόργανα δεδομένα, ενώ για ιστορικά δεδομένα χρειάζονται επιπλέον στοιχεία και κυρίως παλαιοσεισμολογικές ενδείξεις/αποδείξεις (Pavlides & Caputo, 2004).



Σχήμα 7.15. Εικόνα Google Earth Pro όπου φαίνεται η θέση που η ρηξιγενής ζώνη Κανδηλίου διαχωρίζεται σε νότιο και βόρειο τμήμα (λευκό βέλος).

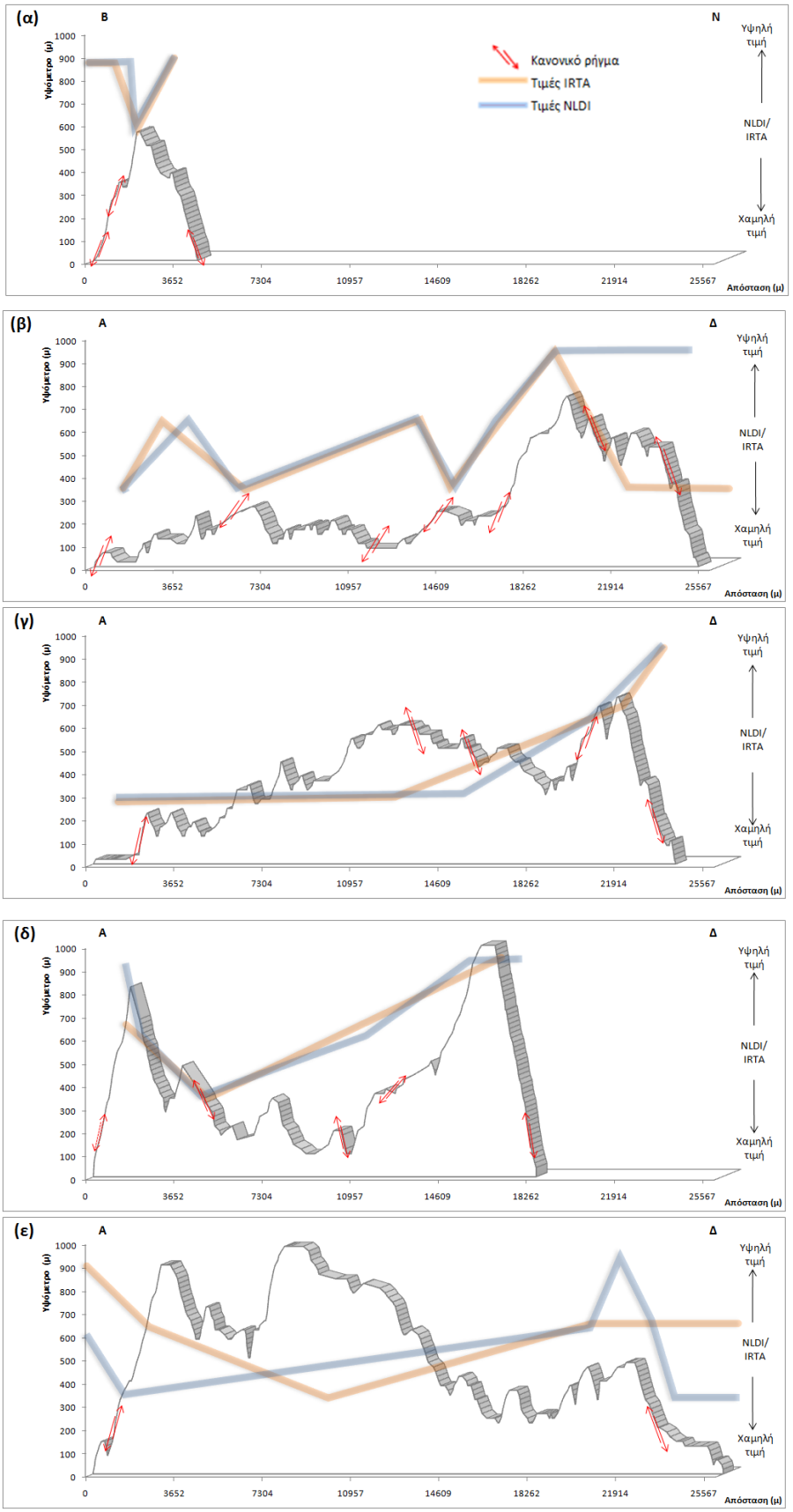


Σχήμα 7.16. Εικόνα Google Earth Pro που απεικονίζει τη θέση της βόρειας απόληξης του ρήγματος Δίρφυος (λευκό βέλος).



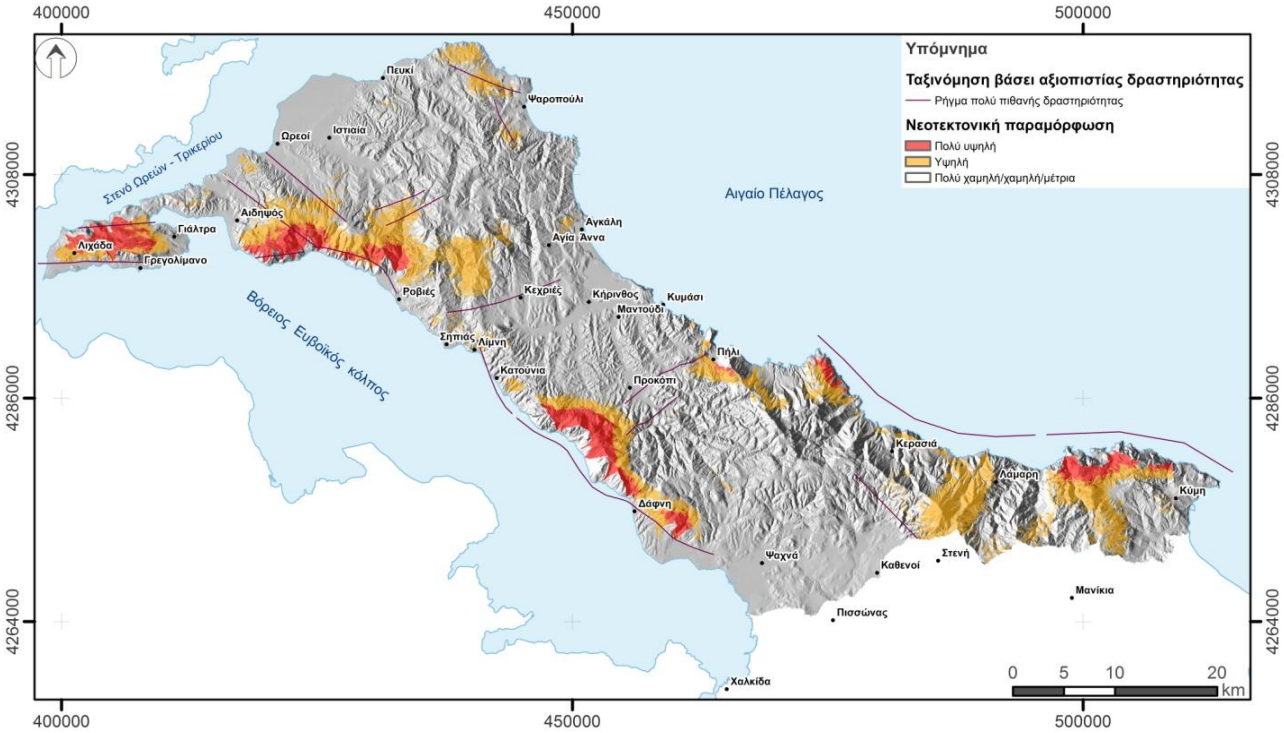
Σχήμα 7.17. Συγκριτικός χάρτης της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης, όπως προέκυψε από την ασαφή αναλυτική ιεράρχηση και το σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό εννέα (9) παραγόντων, και της τεκτονικής δραστηριότητας, όπως προέκυψε από την ανάλυση σε περιφερειακή κλίμακα των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης του κεφαλαίου 4.

Οι πράσινες γραμμές αντιστοιχούν στις θέσεις των τομών (α-ε) κατά πλάτος του νησιού που φαίνονται στο σχήμα 7.18



Σχήμα 7.18. Τοπογραφικά προφίλ (α-ε) σχεδόν κάθετα στις κύριες ρηξιγενείς ζώνες. Τα διαγράμματα παρουσιαζουν τις τιμές του δείκτη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης (NLDI) και του δείκτη σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας (IRTA) κατά μήκος των τομών (πράσινες γραμμές κατά πλάτος του νησιού στο σχήμα 7.17).

Προκειμένου να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα σχετικά με την ενεργότητα των ρηγμάτων, δημιουργήθηκε ο χάρτης του σχήματος 7.19 όπου φαίνεται πως στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής η νεοτεκτονική παραμόρφωση που υπολογίστηκε είναι υψηλή και πολύ υψηλή στις περιοχές όπου εντοπίζονται συγκεκριμένα ρήγματα υψηλού και μετρίου επιπέδου διακινδύνευσης. Τα εν λόγω ρήγματα μπορούν να ταξινομηθούν ως πολύ πιθανής δραστηριότητας αφού υπάρχουν ενδείξεις της ενεργότητάς τους.



Σχήμα 7.19. Χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης σε συνδυασμό με τα πολύ πιθανής δραστηριότητας ρήγματα της περιοχής μελέτης.

7.3.3 Υπολογισμός σεισμικού δυναμικού ρηγμάτων

Μετά την εφαρμογή των εμπειρικών σχέσεων που συσχετίζουν το μήκος ενός ρήγματος με το μέγεθος ενός σεισμού οι οποίες περιγράφηκαν στην αντίστοιχη παράγραφο της μεθοδολογίας 7.2.4, ελήφθησαν τα αποτελέσματα που αφορούν το μέγεθος του σεισμικού δυναμικού κάθε ρήγματος της περιοχής μελέτης. Τα μήκη καθορίστηκαν στην παράγραφο 7.3.2.1 ενώ τα αποτελέσματα της εφαρμογής των τριών τύπων παρουσιάζονται στον πίνακα 7.6. Οι εκτιμήσεις αυτές βέβαια θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν με προσοχή και έχοντας γνώση της μεγάλης αβεβαιότητας, αφού χρειάζεται περισσότερη εργασία πεδίου και μελέτη του υποθαλάσσιου αναγλύφου. Οι ρηξιγενείς ζώνες που μελετώνται στο παρόν κεφάλαιο είναι η

ζώνη Δίρφυος, η ζώνη Κανδηλίου και η ζώνη Τελέθριου. Η ζώνη στενού Ωρεών αν και αποτελεί μία τεκτονικά ενεργή περιοχή από το κατώτερο Πλειόκαινο μέχρι σήμερα (Γαλανάκης κ.ά., 1998) δεν μελετάται στο παρόν κεφάλαιο λόγω δυσκολιών στον εντοπισμό της και συνεπώς στον υπολογισμό του μήκους της (παράγραφος 7.3.2.1). Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως για την εκτίμηση αυτή λαμβάνεται υπόψη το χειρότερο σενάριο που αφορά τη συνολική ενεργοποίηση της ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου και Κανδηλίου (τα ΒΑ τμήματα και των δύο ζωνών είχαν εξαιρεθεί από την ανάλυση σε τοπική κλίμακα) των οποίων τα συνολικά μήκη υπολογίστηκαν από βιβλιογραφικά δεδομένα (υποκεφάλαιο 2.3). Από τα αποτελέσματα του πίνακα 7.6 είναι δυνατό να σημειωθεί πως συνολικά τα ρήγματα της περιοχής μελέτης μπορούν να δώσουν σεισμικά γεγονότα μεγέθους από 6.3 έως 7.0 και πως οι σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν έχουν οδηγήσει σε ίδια μεγέθη σεισμών για όλες τις ζώνες εκτός του νότιου τμήματος του Τελέθριου, το οποίο έχει και το μικρότερο μήκος, για το οποίο τα αποτελέσματα ωστόσο είναι παραπλήσια.

Πίνακας 7.6. Αποτελέσματα μέγιστου αναμενόμενου σεισμικού γεγονότος των υπό μελέτη ρηξιγενών ζωνών (επιπλέον παρουσιάζονται οι ακραίες τιμές). Οι ζώνες μελετώνται τόσο για το συνολικό τους μήκος, όσο και για τα επιμέρους τμήματά τους.

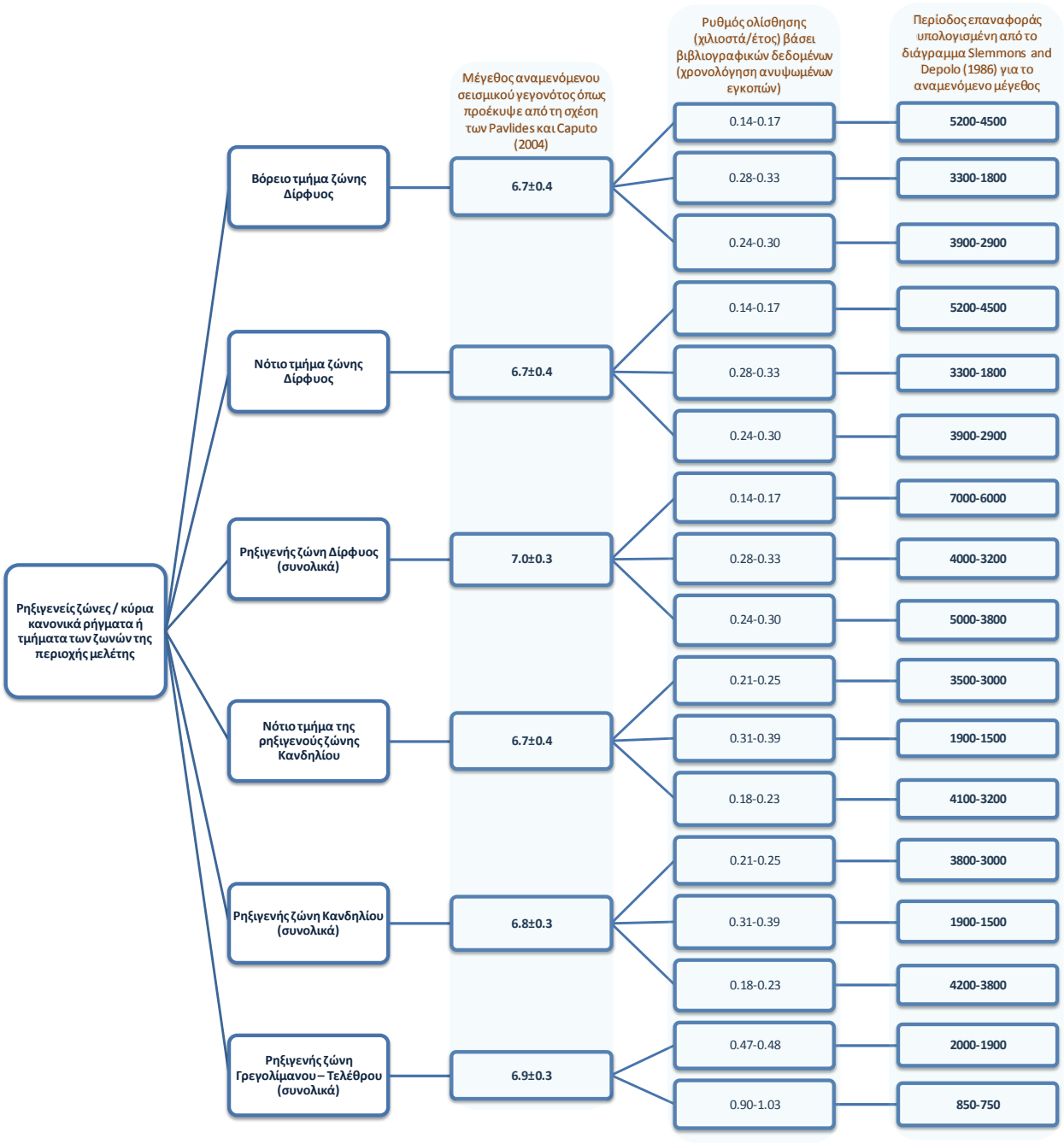
Ρήγμα	Μήκος	Wells and Coppersmith (1994)	Ambraseys and Jackson (1998)	Pavlides and Caputo (2004)
Δίρφυος (βόρειο τμήμα)	**24.11**	6.7±0.7	6.7	6.7±0.4
Δίρφυος (νότιο τμήμα)	**20.75**	6.6±.0.7	6.6	6.7±0.4
Δίρφυος (συνολικά)	**44.83**	7.0±0.8	7.0	7.0±0.3
Κανδηλίου (νότιο τμήμα)	**22.73**	6.7±0.7	6.7	6.7±0.4
Κανδηλίου (συνολικά)	**31.37**	6.8±0.7	6.8	6.8±0.3
Τελέθριου	**10.05**	6.2±0.6	6.3	6.4±0.6
Γρεγολίμανου – Τελέθρου (συνολικά)	**36.79**	6.9±0.7	6.9	6.9±0.3

Επιπλέον υπολογίστηκε η περίοδος επανάληψης των παραπάνω αναμενόμενων μεγεθών σεισμικών γεγονότων βάσει του διαγράμματος του σχήματος 7.3. Χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των υπολογισμένων αναμενόμενων μεγεθών του πίνακα 7.6 και συγκεκριμένα οι τιμές που προέκυψαν από τον τύπο των Pavlides & Caputo (2004), ενώ για το ρυθμό ολίσθησης χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά δεδομένα σύμφωνα με τα οποία οι ρυθμοί έχουν προκύψει από χρονολογήσεις ανυψωμένων παλιρροιακών εγκοπών (Stiros et al., 1992; Evelpidou et al., 2012). Συνοπτικά, οι ρυθμοί ολίσθησης για τις υπό μελέτη ζώνες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται

μέτριοι με τις υψηλότερες τιμές να σημειώνονται στη ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου (0,14-1,03 χιλιοστά/έτος), φαίνονται στον πίνακα 7.7, ενώ περισσότερα στοιχεία σχετικά με την τεκτονική ανύψωση παρουσιάζονται στα κεφάλαια 5.2.3.4 και 5.3.3 που αφορούν στη γεωμορφολογία της περιοχής. Με την αξιοποίηση των ανωτέρω δεδομένων και τη χρήση του ημι-εμπειρικού διαγράμματος των Slemmons & Depolo (1986) προέκυψαν τα αποτελέσματα του σχήματος 7.2, τα οποία περιλαμβάνουν τα πιθανά μέγιστα αναμενόμενα μεγέθη και τις πιθανές περιόδους επανάληψης βάσει των ρυθμών ολίσθησης που χρησιμοποιήθηκαν. Από το διάγραμμα φαίνεται πως η περίοδος επανάληψης για τα κύρια υπολογισθέντα μεγέθη (και όχι τις ακραίες τιμές) είναι 750-7000 χρόνια. Η μικρότερη περίοδος επανάληψης αφορά τη ζώνη Γρεγολίμανου–Τελέθριου για την οποία έχει χρησιμοποιηθεί ένας υψηλός ρυθμός ολίσθησης (1,03 χιλιοστά/έτος) ο οποίος είναι και ο υψηλότερος ρυθμός ολίσθησης της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με ένα αναμενόμενο σεισμικό γεγονός μεγάλου μεγέθους (Ms=6,9). Στη ζώνη Δίρφυος που βάσει του μήκους του ρήγματος έχει υπολογιστεί το μεγαλύτερο αναμενόμενο σεισμικό γεγονός (Ms=7), ο υψηλότερος ρυθμός ολίσθησης είναι 0,33 χιλιοστά/έτος και έτσι προκύπτει μια αρκετά μεγάλη περίοδος επανάληψης, 3200 χρόνια η οποία ωστόσο φανερώνει μέτριο έως υψηλό κίνδυνο. Για το βόρειο και το νότιο τμήμα της ζώνης με αναμενόμενο μέγιστο μέγεθος σεισμού Ms=6,7 οι περίοδοι επανάληψης, με τον ανωτέρω αναφερόμενο ρυθμό είναι 1800 χρόνια. Υψηλό κίνδυνο παρουσιάζει επίσης η ρηξιγενής ζώνη Κανδηλίου, τόσο συνολικά όσο και μεμονωμένα το νότιο τμήμα της με αρκετά μικρές περιόδους επανάληψης που κυμαίνονται από 1500 έως 4200 χρόνια.

Πίνακας 7.7. Ρυθμός ολίσθησης των υπό μελέτη ρηξιγενών ζωνών σύμφωνα με ραδιοχρονολογήσεις των Evelpidou et al., 2012 και Stiros et al., 1992.

Ρηξιγενής ζώνη	Βιβλιογραφική πηγή	Ανύψωση (μ πάνω από τη ΜΣΘ)	Βαθμονομημένη χρονολογία (2σ τυπική απόκλιση, ΔR=–80±25 χρόνια)	Ρυθμός ολίσθησης (χιλιοστά/έτος)
Δίρφυος	Stiros et al. (1992)	0.4	810 BC - 300 BC	0.14 - 0.17
		0.9	1210 BC - 750 BC	0.28 - 0.33
		0.6	520 BC - 20 AD	0.24 - 0.30
Κανδηλίου	Stiros et al. (1992)	0.7	1390 BC - 790 BC	0.21 - 0.25
		0.8	400 BC - 110 AD	0.33 - 0.39
		0.5	780 BC - 190 BC	0.18 - 0.23
Γρεγολίμανου - Τελέθριου	Evelpidou et al. (2012)	3.3	5012 BC - 4795 BC	0.47 - 0.48
		1.7	130 AD - 360 AD	0.90 - 1.03



Σχήμα 7.20. Σεισμικό δυναμικό των υπό μελέτη ρηξιγενών ζωνών (μέγιστο μέγεθος αναμενόμενου σεισμικού γεγονότος, ρυθμοί ολίσθησης και περίοδος επανάληψης καθεμιάς για τα υπολογισθέντα μεγέθη).

7.4 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Κύριος στόχος του κεφαλαίου αυτού ήταν η ανάλυση και η χαρτογράφηση των χωρικών διακυμάνσεων της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. Οι ζώνες όπου εντοπίστηκε η μεγαλύτερη τιμή τεκτονικής παραμόρφωσης (υψηλή έως πολύ υψηλή) σχετίζεται με τις μεγάλες ενεργές ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής μελέτης ή με περιοχές ύπαρξης μεγάλης συγκέντρωσης ρηγματώσεων (ΒΑ τμήμα περιοχής μελέτης). Εκτός από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τη σχετική ενεργό τεκτονική της περιοχής η οποία επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα, χρησιμοποιήθηκαν επίσης στοιχεία της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης (π.χ. θέσεις ανυψωμένων παλιρροιακών εγκοπών). Επιπλέον υπαίθριες γεωλογικές παρατηρήσεις (Σχήμα 7.21) επιβεβαίωσαν τις ζώνες νεοτεκτονικής παραμόρφωσης που συνδέονται με τις περιοχές των ενεργών ρηγμάτων όπου επικρατεί το κρημνώδες ανάγλυφο μεγάλων μορφολογικών κλίσεων.

Περιοχές που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένα εύρη ταξινομημένων τιμών κάποιων παραμέτρων είναι δυνατό να συσχετιστούν με νεοτεκτονική παραμόρφωση. Με σκοπό να εντοπιστούν αυτές οι περιοχές, αρχικά επιλέχθηκαν οι παράμετροι/παράγοντες: οι μορφοτεκτονικοί δείκτες (Ar, SLk) γιατί εξ ορισμού φανερώνουν την επίδραση της τεκτονικής, η υδρογραφική συχνότητα και πυκνότητα γιατί η κατανομή τους μπορεί να φανερώσει εν δυνάμει ζώνες τεκτονικής παραμόρφωσης, η κλίση γιατί όταν είναι μεγάλη σχετίζεται με κρημνούς και μετατοπισμένες κορυφογραμμές, ο τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης γιατί παρέχει πρόσθετες πληροφορίες για τους παράγοντες που ελέγχουν την αποστράγγιση και τέλος η λιθολογία και η συχνότητα και πυκνότητα γραμμώσεων επιλέχθηκαν γιατί επηρεάζουν όλες τις άλλες παραμέτρους και άρα είναι χρήσιμο να ενσωματώνεται αυτή η πληροφορία. Ακολούθως, χρησιμοποιήθηκαν ψηφιδωτά αρχεία χωρικής κατανομής αυτών με μέγεθος κελιού 50 μ*50 μ που αποτέλεσαν τη βάση για τον προσδιορισμό της τεκτονικής παραμόρφωσης, με τη χρήση της Ασαφούς Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας και του Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού. Η πρώτη, μέσω των συγκρίσεων ανά ζεύγη, οδήγησε στον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων. Κατά φθίνουσα σειρά για τους μορφοτεκτονικούς δείκτες (Ar, SLk) υπολογίστηκε βάρος 0,21, για τη συχνότητα και πυκνότητα των γραμμώσεων υπολογίστηκε βάρος 0,15, για τη συχνότητα και πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου καθώς

και για την κλίση υπολογίστηκε βάρος 0,07, για τον τοπογραφικό δείκτη ύγρανσης 0,04 και το μικρότερο βάρος, ίσο με 0,03, υπολογίστηκε για τη λιθολογία. Να σημειωθεί πως για τις συγκρίσεις υπολογίστηκε επιπλέον ο λόγος συνέπειας (CR=0,041) σύμφωνα με τον οποία υπάρχει καλή συνοχή στις παραμέτρους που επιλέχθηκαν. Για το Σταθμισμένο Γραμμικό Συνδυασμό, οι παράμετροι ταξινομημένες και σταθμισμένες στην ίδια κλίμακα, αθροίστηκαν αφού πολλαπλασιάστηκαν με τα βάρη τους και έτσι προέκυψε ο χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. Ο τελευταίος επανα-ταξινομήθηκε σε πέντε (5) τάξεις και οι περιοχές υψηλής και πολύ υψηλής τεκτονικής παραμόρφωσης συγκρίθηκαν με τη σχετική τεκτονική δραστηριότητα όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 4 προκειμένου να διερευνηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων σε ότι αφορά τη δραστηριότητα των ενεργών ρηξιγενών ζωνών της περιοχής. Σύμφωνα με το σχήμα 7.17 και σύμφωνα με υπαίθριες παρατηρήσεις, περιοχές με υψηλή και πολύ υψηλή τεκτονική παραμόρφωση και με υψηλή σχετική τεκτονική δραστηριότητα εντοπίζονται: Στο μεγαλύτερο μέρος του ανερχόμενου τεμάχους της ζώνη Δίρφυος και κυρίως στην ευρύτερη περιοχή των απολήξεών της (ΒΔ και ΝΑ άκρο), στο νότιο άκρο του ανερχόμενου τεμάχους της ζώνης Κανδηλίου, σχεδόν σε όλο το τμήμα του ανερχόμενου τεμάχους της ζώνης Γρεγολίμανο-Τελέθριο και στο δυτικό τμήμα του ανερχόμενου τεμάχους της ζώνης στενού Ωρεών.

Από τα αποτελέσματα που αφορούν την νεοτεκτονική παραμόρφωση (Κεφάλαιο 7) και τη σχετική τεκτονική δραστηριότητα (Κεφάλαια 4 και 6) και σε συνδυασμό με τη στοιχεία των γεωμορφολογικών παρατηρήσεων (Κεφάλαιο 5) υπολογίστηκαν τα μήκη των ρηγμάτων για τις ζώνες οι οποίες φαίνεται να είναι ενεργές και ελέγχουν τα υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής. Τα μήκη αυτά στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου της περιοχής μελέτης, από όπου προέκυψε πως οι ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής είναι ικανές να δώσουν σεισμούς με μέγεθος M≈6,7-7,0. Αρχικά εκτιμήθηκε το θεωρητικά αναμενόμενο μέγεθος ενός μελλοντικού σεισμικού γεγονότος για κάθε μία ρηξιγενή ζώνη (Δίρφυος, Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου) ή για τμήματα αυτών από τρεις εμπειρικές σχέσεις που το συνδέουν με το μήκος του ρήγματος (Wells & Coppersmith (1994), Ambraseys & Jackson (1998) και Pavlides & Caputo (2004)). Στη συνέχεια υπολογίστηκε η περίοδος επανάληψης κατά Slemmons και Depolo με τη χρήση του μέγιστου μεγέθους, όπως υπολογίστηκε από την ανωτέρω αναφερόμενη σχέση των Pavlides & Caputo (2004), και με

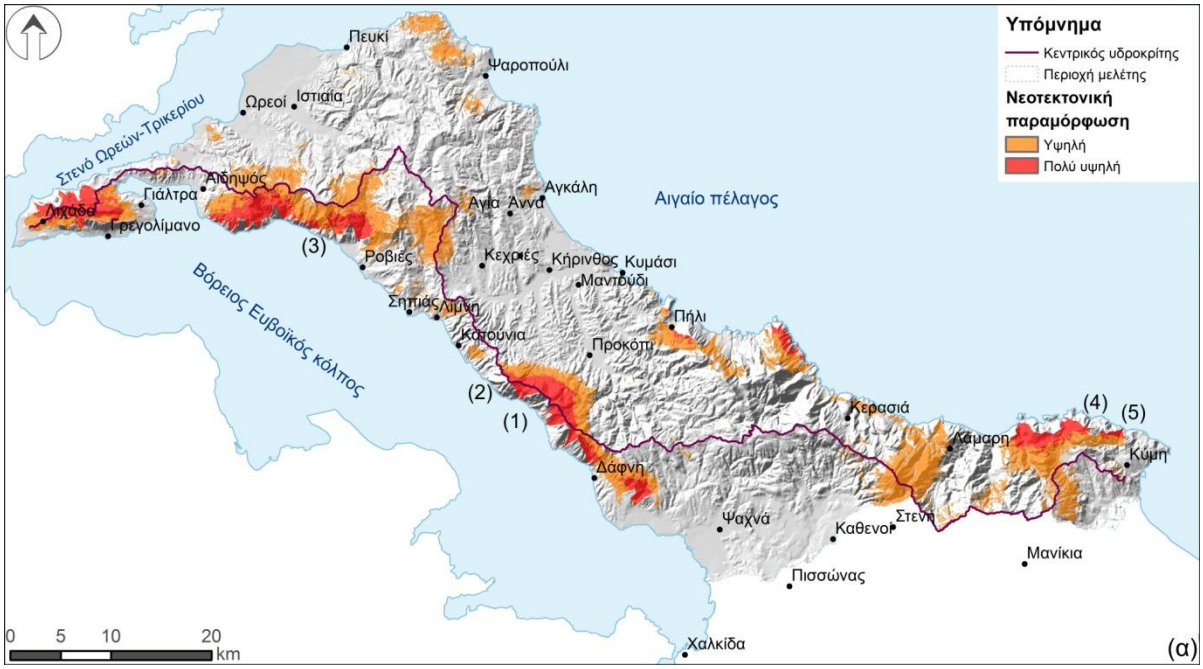
ρυθμούς ολίσθησης από βιβλιογραφικές αναφορές στις οποίες χρονολογήθηκαν ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του σεισμικού δυναμικού (παράγραφος 7.3.3) με την υπολογισθείσα νεοτεκτονική παραμόρφωση της παραγράφου 7.3.2.1, φαίνεται πως η υψηλή τιμή ρυθμού ολίσθησης στην περιοχή της Αιδηψού αφορά μεμονωμένες θέσεις και υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα στη χρήση του για το σύνολο της ρηξιγενούς ζώνης. Παρόλα αυτά ο υπολογισμός έγινε για όλη τη ρηξιγενή ζώνη και τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν ανωτέρω. Η ρηξιγενής αυτή ζώνη εμφανίζει διακυμάνσεις ανά τμήματα όσον αφορά τη νεοτεκτονική της δραστηριότητα και στο νότιο τμήμα της, όπου εμφανίζει πολύ υψηλή τεκτονική δραστηριότητα, δεν υπάρχουν δεδομένα για την ανύψωση των ακτών. Για τη ζώνη Κανδηλίου φαίνεται πως οι μέτριοι ρυθμοί ολίσθησης (0,18-0,39 χιλιοστά/έτος) είναι σε συμφωνία με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά/ενδείξεις της περιοχής και την εκτιμηθείσα μέτρια έως υψηλή τεκτονική δραστηριότητα. Η περίοδος επανάληψης για τη ζώνη αυτή έχει εύρος 1500 έως 4100 χρόνια, για το νότιο τμήμα της είναι 1500 έως 4200 χρόνια και το μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος σεισμικού γεγονότος είναι περίπου 6,7-6,8. Επειδή στη ζώνη Κανδηλίου οι περισσότεροι συνδυασμοί μεγεθών και ρυθμών ολίσθησης οδηγούν σε περιόδους επανάληψης σεισμών μικρότερες των 4000 ετών, μπορεί να σημειωθεί πως η εν λόγω ρηξιγενής ζώνη είναι υψηλού κινδύνου. Στη ζώνη Δίρφυος το μέγιστο αναμενόμενο σεισμικό μέγεθος είναι περίπου 7,0, δηλαδή μεγαλύτερο από τη ζώνη Κανδηλίου αλλά με μικρότερους ρυθμού ολίσθησης και μεγαλύτερες περιόδους επανάληψης (3200-7000 χρόνια). Παρά το γεγονός πως οι εκτιμώμενες περίοδοι επανάληψης των σεισμών της ρηξιγενούς ζώνης Δίρφυος είναι μεγαλύτερες, δεν θεωρείται πως φανερώνουν μικρότερο κίνδυνο γιατί το μέγεθος που μπορούν να δώσουν είναι μεγαλύτερο από εκείνο της ζώνης Κανδηλίου. Αναφορικά με τη μελέτη της ζώνης Δίρφυος σε τμήματα, τόσο το μεγαλύτερο σε μήκος βορειότερο όσο και το νότιο, έχουν μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος σεισμού ίσο με 6,7 και με τους ρυθμούς ολίσθησης που αναφέρθηκαν υπολογίστηκαν σχετικά μικρές, περίοδοι επανάληψης (1800-3900 χρόνια) και στο χαμηλότερο ρυθμό έφτασαν τα 5200 χρόνια (ο ρυθμός από τον οποίο προκύπτει αυτή η περίοδος, υπολογίστηκε από ανύψωση στο βόρειο τμήμα της ζώνης). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί πως οι τρεις (3) θέσεις χρονολόγησης από τις οποίες προκύπτει ο ρυθμός ολίσθησης είναι λίγες σε σχέση με το μεγάλο μήκος της ζώνης Δίρφυος, ενώ επίσης θα πρέπει να τονιστεί η δυσκολία εύρεσης

στοιχείων προς χρονολόγηση στις ανατολικές ακτές του νησιού, αν και οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί είναι κατάλληλοι, λόγω της δράσης των κυμάτων σε αντίθεση με τις δυτικές ακτές του Ευβοϊκού κόλπου. Γενικά, οι περίοδοι επανάληψης που υπολογίστηκαν είναι σε συμφωνία με το μέσο όρο περιόδων συγκεκριμένων ενεργών ρηγμάτων στην Ελλάδα όπως έχουν προσδιοριστεί από παλαιοσεισμολογικές έρευνες, σύμφωνα με τις οποίες τα διαστήματα επανάληψης είναι μεγαλύτερα από 500 χρόνια και φτάνουν έως κάποιες χιλιάδες χρόνια (Pantosti et al., 1996; Pavlides, 1996; Chatzipetros et al., 1998; Pavlides & Caputo, 2004). Επίσης, συνολικά φαίνεται πως τα ρήγματα κατατάσσονται στην κατηγορία των Ολοκαινικών ενεργών ρηγμάτων βάσει του αντισεισμικού κώδικα των δυτικών ΗΠΑ αναφορικά με το βαθμό ενεργότητάς του και το βαθμό επικινδυνότητάς τους και αυτό φανερώνει την ανάγκη ενσωμάτωσης των ρηγμάτων γενικότερα στον αντισεισμικό σχεδιασμό (Παυλίδης, 2008).

Κλείνοντας θα πρέπει να επισημανθεί η αβεβαιότητα της χρήσης ημι-εμπειρικών σχέσεων, αλλά και το γεγονός πως τα ρήγματα δεν εμφανίζουν μια κανονική περιοδικότητα επανάληψης σεισμών αλλά περιόδους υπερδραστηριότητας που εναλλάσσονται με περιόδους αδράνειας όπως έχει φανεί από τις παλαιοσεισμολογικές έρευνες σε παγκόσμιο επίπεδο (Παυλίδης, 2008). Ωστόσο τα αποτελέσματα του κεφαλαίου είναι σε πολύ καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα των αναλύσεων των προηγούμενων κεφαλαίων και με την ταξινόμηση της τεκτονικής παραμόρφωσης σε κάθε επιμέρους ζώνη.

Η σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή μελέτης όπως παρουσιάστηκε στο υποκεφάλαιο 2.4 είναι μέτρια βάσει των καταλόγων επιφανειακών σεισμών και των αντίστοιχων χαρτών, και με σχετικά μικρά μεγέθη (<5,6) σε σύγκριση με αυτά που υπολογίστηκαν στο παρόν κεφάλαιο. Ο μεγαλύτερος σεισμός που έχει καταγραφεί στην ευρύτερη περιοχή είναι μεγέθους 5,6 και έλαβε χώρα το έτος 1952, 37 χλμ ΝΝΔ της Σκιάθου και ο αμέσως επόμενος μεγαλύτερος έλαβε χώρα το 2015 με μέγεθος 5,3 και επίκεντρο 25 χλμ ΒΔ της Χαλκίδας. Η έλλειψη σεισμικής δραστηριότητας (τουλάχιστον μεγάλης έντασης στην περιοχή μελέτης) πάντως, σύμφωνα με τους Pavlides & Caputo (2004), δεν φανερώνει ασφάλεια αφού η συσσώρευση τάσεων σε περιόδους ηρεμίας ενεργών ρηγμάτων είναι πιθανό να υποδεικνύει σεισμικό κίνδυνο.













Σχήμα 7.21. (α) Χάρτης υψηλής/πολύ υψηλής τεκτονικής παραμόρφωσης - σημειώνονται οι θέσεις των εικόνων. (β) περιοχή (1): ανερχόμενο τέμαχος Ρ. Ζ. Κανδηλίου, (γ) περιοχή 2: καθρέφτης ρήγματος Α-Δ που τέμνει τη Ρ. Ζ. Κανδηλίου, (δ) περιοχή 3: μικρές λεκάνες απορροής στο έντονο ανάγλυφο της Ρ. Ζ. Τελέθριου, (ε) περιοχή 4: ανερχόμενο τέμαχος Ρ. Ζ. Δίρφυος, (στ) περιοχή 5: ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή στο ανερχόμενο τέμαχος της Ρ. Ζ. Δίρφυος (οι φωτογραφίες ελήφθησαν κατά την έρευνα πεδίου).

Κεφάλαιο 8.

Σύνθεση – Συμπεράσματα

Το ανάγλυφο της Εύβοιας, όπως και όλης της Ελλάδας, αντανακλά την πρόσφατη επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας. Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων που καθορίζουν την εξέλιξη του αναγλύφου μιας περιοχής ένας μεμονωμένος «δείκτης» δεν είναι αρκετός, αλλά απαιτούνται πολλαπλά κριτήρια και διάφορες κλίμακες ανάλυσης.

Η γεωμορφολογική μελέτη, μέσω της ανάλυσης των πρόσφατων δομών, επιτρέπει την αναγνώριση των ενεργών ρηγμάτων και ταυτόχρονα βελτιώνει τη γνώση μας για τη σχετική τεκτονική δραστηριότητα που είναι ένας σημαντικός παράγοντας διαμόρφωσης των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής. Με στόχο την εκτίμηση του τεκτονικού καθεστώτος καθώς και της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης, το ανάγλυφο της βόρειας Εύβοιας αναλύθηκε (ποσοτικοποιώντας τα χαρακτηριστικά του) σε διάφορες κλίμακες, περιφερειακά και τοπικά, εφαρμόζοντας πολλαπλές μεθοδολογίες.

Τα ενεργά ρήγματα έχουν χαρακτηριστική επίδραση στη μορφολογία του αναγλύφου αναπτύσσοντας συγκεκριμένα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, ειδικά όσον αφορά το ανάγλυφο του ανερχόμενου τεμάχους στα κανονικά ρήγματα, όπως αυτά που απαντώνται στην περιοχή μελέτης. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας επιβεβαιώνουν τη χρησιμότητα της ποσοτικής γεωμορφολογικής ανάλυσης για την εκτίμηση της σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας σε τεκτονικά ενεργές περιοχές. Δεδομένου ότι τα ΣΓΠ αποτελούν ένα άριστο εργαλείο για την οργάνωση, επεξεργασία και παρουσίαση γεωχωρικών δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στη διατριβή αυτή. Η δημιουργία της βάσης γεωχωρικών δεδομένων με υπάρχοντα και νέα στοιχεία και η χρήση ποικιλίας εργαλείων, αλγορίθμων και εφαρμογών διευκόλυναν τη ροή των εργασιών και τους ακριβείς υπολογισμούς.

Η σύνταξη του χάρτη σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας (Σχήμα 4.30), του μορφοτεκτονικού χάρτη (Σχήμα 5.64), του χάρτη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης (Σχήμα 7.19)

και του νεοτεκτονικού χάρτη (Παράρτημα 7) της βόρειας Εύβοιας αποτελούν σημαντικό αποτέλεσμα της παρούσας διατριβής, αφού η μελέτη τους οδηγεί στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τους παράγοντες διαμόρφωσης του αναγλύφου. Στον χάρτη σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας παρουσιάζεται η βαθμονόμηση των λεκανών απορροής ως προς τη σχετική επίδραση της ενεργού τεκτονικής στη διαμόρφωσή τους, όπως προέκυψαν από τις δύο μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν. Στον μορφοτεκτονικό χάρτη, η λιθολογία αποτελεί το υπόβαθρο στο οποίο υπέρκεινται οι μορφολογικές ενδείξεις της τεκτονικής δράσης. Ο χάρτης νεοτεκτονικής παραμόρφωσης ως υπόβαθρο έχει την τοπογραφία με μορφή σκιασμένου ανάγλυφου και κατηγοριοποιεί την περιοχή σε πέντε (5) τάξεις από τις οποίες απεικονίζονται μόνο οι περιοχές υψηλής και πολύ υψηλής παραμόρφωσης. Τέλος ο νεοτεκτονικός χάρτης παρουσιάζει τα ρήγματα της περιοχής σε συνδυασμό με τη σεισμικότητα και με τις γεωμορφές που αποτελούν δείκτες νεοτεκτονικής δραστηριότητας.

Η γεωμορφομετρία είναι ένας κλάδος της γεωμορφολογίας που μελετά ποσοτικά τα χαρακτηριστικά του αναγλύφου, δηλαδή τις γεωμορφές. Η τοπογραφία (το ανάγλυφο) είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της τεκτονικής δραστηριότητας (ενδογενείς διεργασίες) με τις εξωγενείς γεωμορφολογικές διεργασίες όπως η διάβρωση και η απόθεση. Για τους λόγους αυτούς κρίθηκε αναγκαία αρχικά η ανάλυση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης και η ταξινόμηση του αναγλύφου της.

Σε ό,τι αφορά το γενικότερο μορφολογικό προφίλ της περιοχής μελέτης αξίζει να αναφερθεί πως κατά το ήμισυ χαρακτηρίζεται από ένα λοφώδες κυρίως ανάγλυφο, ενώ το υπόλοιπο μπορεί να χαρακτηριστεί ως πεδινό και ορεινό. Οι φυσιογραφικές ενότητες στις οποίες διαιρείται είναι: Οι ορεινές περιοχές Λιχάδων στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, οι περιοχές Τελέθριου και Κανδηλίου στα δυτικά-βορειοδυτικά και νοτιοδυτικά αντίστοιχα- και η περιοχή Δίρφυος στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής. Επίσης, υπάρχουν τρεις πεδινές περιοχές στο νότιο, βόρειο και κεντρικό τμήμα της βόρειας Εύβοιας, ενώ η υπόλοιπη περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα λοφώδες ανάγλυφο.

Η επίδραση της τεκτονικής επιβεβαιώθηκε από τα τοπογραφικά προφίλ. Ο ρηξιγενής ιστός στην περιοχή έχει κύρια διεύθυνση Α-Δ με δευτερεύουσες διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ.

Η ποσοτική μελέτη των υδρογραφικών δικτύων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα αποτελεί έναν πρώτο τρόπο ανάλυσης του αναγλύφου. Για τον

υπολογισμό και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μορφομετρικών παραμέτρων απαιτείται μια σειρά από σημαντικές ενέργειες μεταξύ των οποίων η χάραξη του υδρογραφικού δικτύου και η οριοθέτηση των λεκανών απορροής (189 λεκάνες απορροής). Τόσο στη μορφή των υδρογραφικών δικτύων όσο και στην ανάπτυξη των μορφολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής, καθοριστικό ρόλο παίζει ένας συνδυασμός παραγόντων όπως το κλίμα, η λιθολογία, η ενεργός τεκτονική και οι μεταβολές της στάθμης θάλασσας. Θα πρέπει να τονιστεί πως οι γεωμορφολογικοί δείκτες είναι απλώς ενδείξεις που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό μιας γενικευμένης σχέσης μεταξύ της τεκτονικής δραστηριότητας και της μορφολογίας των λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα, με στόχο τον εντοπισμό περιοχών ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας. Από τις περιοχές υψηλής και πολύ υψηλής τεκτονικής δραστηριότητας που εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης με τις προσεγγίσεις που επιχειρήθηκαν, φαίνεται πως αυτές που αντιστοιχούν στις ζώνες Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου και Δίρφυος έχουν επηρεαστεί από έντονη τεκτονική δραστηριότητα, ενώ οι λεκάνες απορροής του στενού Ωρεών επηρεάζονται μόνο από τοπικής κλίμακας ρήγματα. Η μελέτη των χαρακτηριστικών στοιχείων της κάθε ζώνης οδήγησε στις εξής διαπιστώσεις:

Παρατηρήθηκε μείωση της τεκτονικής δραστηριότητας από το νότο προς το βορρά για τις λεκάνες που αναπτύσσονται στα ανερχόμενα τεμάχη των ρηξιγενών ζωνών των ανατολικών ακτών του νησιού. Οι νεότερες λεκάνες με βάση τις υψομετρικές καμπύλες βρίσκονται νότια. Αντίστροφα για τις λεκάνες που αποστραγγίζουν τα ανυψούμενα τεμάχη των ρηξιγενών ζωνών που οριοθετούν την περιοχή δυτικά η τεκτονική δραστηριότητα αυξάνεται από το νότο προς το βορά καθώς οι νεότερες λεκάνες, με βάση τις υψομετρικές καμπύλες, βρίσκονται βόρεια. Για τις λεκάνες των βόρειων ακτών του νησιού, οι οποίες επηρεάζονται από τις εκεί ρηξιγενείς ζώνες, παρατηρήθηκε μια μείωση της τεκτονικής δραστηριότητας από ανατολή προς δύση. Κριτήριο για τις παραπάνω διαπιστώσεις ήταν επιπλέον η γεωγραφική κατανομή των τιμών των μορφομετρικών παραμέτρων και δεικτών και τα γενικότερα χαρακτηριστικά του αναγλύφου, των υδρογραφικών δικτύων και των λεκανών απορροής. Η κατεύθυνση αυτή μείωσης της τεκτονικής δραστηριότητας που αντικατοπτρίζεται με μια ανάλογη μείωση της διάβρωσης (εντός των λεκανών) σε κάθε ζώνη, ταυτίζεται με την αύξηση της απόστασης των ορεογραφικών μετώπων από τον κεντρικό υδροκρίτη του νησιού, επιβεβαιώνοντας πως το

βόρειο τμήμα της ζώνης Δίρφυος είναι παλαιότερο, όπως επίσης το νοτιότερο για τις ζώνες Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου και το πιο δυτικό για τη ζώνη στενού Ωρεών.

Η διεύθυνση ροής που ακολουθούν οι κλάδοι των υδρογραφικών δικτύων στη ζώνη Δίρφυος είναι κυρίως ΒΑ-ΝΔ για το νοτιότερο τμήμα της ζώνης και ΒΔ-ΝΑ για το βορειότερο τμήμα, στη ζώνη Κανδηλίου, στη Ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου η διεύθυνση ροής είναι ΒΑ-ΝΔ, στη ζώνη στενού Ωρεών είναι ΒΑ-ΝΔ ενώ στα ροδογράμματα συχνότητας παρουσιάζουν σημαντική εμφάνιση οι διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και Β-Ν. Στη ζώνη Βασιλίνας-Γρεγολίμανου η διεύθυνση ροής που ακολουθούν οι κλάδοι είναι Β-Ν ενώ μεγάλη συχνότητα εμφανίζει και η διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Οι μορφομετρικοί δείκτες μεμονωμένα παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη τιμή τους (και τη μικρότερη ο λόγος επιμήκυνσης και λόγος κυκλικότητας) στη ζώνη Δίρφυος αποδεικνύοντας πως στη ζώνη αυτή η τεκτονική δραστηριότητα είναι μεγαλύτερη. Η ζώνη Κανδηλίου παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο λόγος αναγλύφου το οποίο δε συνάδει με τις μεγάλες τιμές του λόγου επιμήκυνσης και του λόγου κυκλικότητας που αποδεικνύουν λιγότερο έντονη τεκτονική δραστηριότητα. Η τιμή όμως αυτή ταιριάζει με την έντονη διάβρωση που παρατηρείται στο ανερχόμενο τέμαχος της ζώνης όπως δείχνει η θέση του υδροκρίτη. Συγκεκριμένα η απόσταση του υδροκρίτη από το μέτωπο είναι περιορισμένη για το βόρειο τμήμα της ζώνης όπου εντοπίστηκαν οι λεκάνες που έχουν δεχτεί την υψηλότερη τεκτονική δραστηριότητα.

Σχετικά με τη μελέτη της γεωμορφολογίας, πραγματοποιήθηκε μια εκτενής χαρτογράφηση του σύνθετου αναγλύφου της βόρειας Εύβοιας σε μια μεγάλη διαβάθμιση κλιμάκων παρατήρησης και καταγράφηκε η μεγάλη ποικιλία γεωμορφών που έχουν δημιουργηθεί από τον έντονο τεκτονισμό, τις λιθολογικές αλλαγές και τη δράση των εξωγενών διεργασιών. Ο τεκτονικός έλεγχος που ασκείται στη γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης υπογραμμίζεται από την παρουσία ιδιαίτερων γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών τα οποία συνοπτικά είναι: οριζόντιες και κεκλιμένες επιφάνειες επιπέδωσης, μορφολογικές ασυνέχειες, τριγωνικά πρανή και εμφανίσεις κορημάτων, μετατοπίσεις κεντρικών κοιτών ποταμών, εγκαταλειμμένες κοίτες, σημεία κάμψης, αγκώνες σύλληψης, ανεμοτομές, χαράδρες, φαράγγια και ποτάμιες αναβαθμίδες καθώς και θαλάσσιες αναβαθμίδες και ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές. Οι μεγάλες τιμές κλίσεων σχετίζονται με τους ορεινούς όγκους, με τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς και με τις ρηξιγενείς ζώνες, ενώ οι μικρότερες με τις πεδιάδες, τις πιο πρόσφατες αποθέσεις και τις επιφάνειες επιπέδωσης. Τέλος σημειώνεται πως παρόλο που η

περιοχή φαίνεται να ανυψώνεται από τη δραστηριοποίηση των κανονικών ρηγμάτων που την περιβάλλουν, όπως αποδεικνύεται από τις γεωμορφές που καταγράφηκαν, επιμέρους θέσεις παρουσιάζουν καθοδικές κινήσεις.

Κατά την ανάλυση σε τοπική κλίμακα φάνηκε η επίδραση των νεοτεκτονικών διεργασιών στα υδρογραφικά δίκτυα και τις λεκάνες απορροής και επιπλέον προσδιορίστηκαν οι περιοχές που καταγράφουν καλύτερα αυτή τη δραστηριότητα. Για τις τριανταέξι (36) λεκάνες απορροής που ανήκουν σε διαφορετικές ζώνες σχεδιάστηκαν οι επιμήκεις τομές των κεντρικών κλάδων των υδρογραφικών τους δικτύων και υπολογίστηκαν αρκετοί μορφοτεκτονικοί δείκτες και σύνθετοι δείκτες που έχουν προταθεί παγκοσμίως. Τα αποτελέσματα αυτών συνηγορούν ως προς την ενεργότητα όλων των υπό μελέτη ζωνών (με μικρή αμφιβολία για τη ζώνη στενού Ωρεών). Εκτός από τους μορφοτεκτονικούς δείκτες, χρησιμοποιήθηκαν επίσης αρκετά στοιχεία του αναγλύφου που επιβεβαιώνουν το χαρακτηρισμό των ρηγμάτων ως ενεργά.

Η σύγκριση της ταξινόμησης της σχετικής ενεργού τεκτονικής δραστηριότητας μεταξύ των ζωνών δείχνει πως η ζώνη Γρεγολίμανου-Τελέθριου είναι περισσότερο ενεργή, ακολουθεί η ζώνη Δίρφυος και η ζώνη Κανδηλίου με λιγότερο ενεργή δράση και περισσότερο τεκτονικά σταθερή φαίνεται να είναι η ζώνη στενού Ωρεών. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα ευρήματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των χαρακτηριστικών των αλλουβιακών ριπιδίων και των αντίστοιχων λεκανών απορροής τους σε προηγούμενο κεφάλαιο όπου είχε φανεί πως η ζώνη Τελέθριου είναι πιθανό να έχει μεγαλύτερο ρυθμό ολίσθησης από τη ζώνη Κανδηλίου.

Η ενεργός τεκτονική αποτελεί ένα γεωλογικό κίνδυνο που σχετίζεται με τους σεισμούς και με τα συνοδά φαινόμενα που μπορούν να προκληθούν από την ισχυρή κίνηση του εδάφους (π.χ. τεκτονική παραμόρφωση, κατολισθήσεις κ.ά.). Η δραστηριότητα των ρηγμάτων είναι δυνατό να υπολογιστεί από γεωλογικά, γεωμορφολογικά, γεωδαιτικά ή σεισμολογικά δεδομένα. Επίσης, η συσχέτιση του μεγέθους ενός σεισμού με το μήκος του ρήγματος που τον προκάλεσε, χρησιμοποιείται συχνά στον υπολογισμό του σεισμικού κινδύνου και αποτελεί μεταξύ άλλων κύριο δεδομένο στην ανάλυση διακινδύνευσης σύμφωνα με τους Slemmons & Depolo (1986). Για τους λόγους αυτούς υπολογίστηκε η σεισμική επικινδυνότητα με πιθανή ενεργοποίηση είτε ορισμένων τμημάτων των ρηξιγενών ζωνών είτε όλου του μήκους τους. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η αιτιοκρατική, κύριος στόχος της οποίας είναι η εύρεση του μέγιστου αναμενόμενου σεισμικού μεγέθους με χρήση εμπειρικών σχέσεων που

συνδέουν το μέγεθος του σεισμού με παραμέτρους του ρήγματος (το οποίο αποτελεί τη σεισμική πηγή), όπως το μήκος της επιφανειακής εμφάνισης του ρήγματος. Τα μήκη των ρηγμάτων υπολογίστηκαν από την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης για τον υπολογισμό της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης του αναγλύφου και τα αποτελέσματα της οποίας επιβεβαιώθηκαν από την ανάλυση των λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα. Ακολούθως χρησιμοποιήθηκαν εμπειρικοί τύποι και υπολογίστηκε πως τα ρήγματα της περιοχής μελέτης μπορούν να δώσουν σεισμικά γεγονότα μεγέθους από 6,3 έως 7,0 βαθμών.

Η απόσταση του κεντρικού υδροκρίτη της Βόρειας Εύβοιας από τα ίχνη των ρηξιγενών ζωνών συνιστά ένα βασικό γεωμορφολογικό στοιχείο που υποστηρίζει τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Συγκεκριμένα, φανερώνει τα τμήματα των ρηξιγενών ζωνών που είναι νεότερα αφού εντοπίζεται μειωμένη διάβρωση από τη δράση των υδρογραφικών δικτύων που αποστραγγίζουν τα ανερχόμενα τεμάχη σε συγκεκριμένες θέσεις, ήτοι το ΒΔ τμήμα της ζώνης Τελέθριου, το κεντρικό της ζώνης Κανδηλίου και το ΒΔ της ζώνης Δίρφυος, όπου οι λεκάνες απορροής εμφανίζονται μικρές έναντι των μεγάλης έκτασης λεκανών της κεκλιμένης ζώνης πίσω από αυτές οι οποίες είναι παλαιότερες. Οι ποτάμιοι κλάδοι διαβρώνουν κυρίως κατά βάθος σε ορεινούς όγκους που ανυψώνονται και η διάβρωση αυτή γίνεται οπισθοδρομούσα όταν η ανύψωση είναι μικρότερη, με αποτέλεσμα ο υδροκρίτης να είναι πιο κοντά στη ρηξιγενή ζώνη σε περισσότερο τεκτονικά ενεργές ζώνες. Σε περιοχές τεκτονικά λιγότερο ενεργές, ο υδροκρίτης μεταναστεύει μακριά από το ίχνος της ρηξιγενούς ζώνης καθώς οι ποταμοί γίνονται πιο επιμήκεις (κεντρικό τμήμα ζώνης Δίρφυος και νότιο ζωνών Κανδηλίου και Τελέθριου). Αυτοί οι διαφορετικοί ρυθμοί ανύψωσης φανερώνουν ετερογενή εξέλιξη και διαφορετική τεκτονική κινηματική που μπορεί να οδηγεί σε δημιουργία block. Από τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση προέκυψε πως υπάρχει μια εκτόνωση τάσεων υπό μορφή κινήσεων (ανοδικών και καθοδικών) σε διάφορα τμήματα της περιοχής μελέτης που έχει ως αποτέλεσμα να μη συγκεντρώνονται οι τάσεις που επιβάλλει το τοπικό τεκτονικό καθεστώς.

Συνθέτοντας τα αποτελέσματα των επιμέρους κεφαλαίων προέκυψε ο νεοτεκτονικός χάρτης της βόρειας Εύβοιας. Ως υπόβαθρο έχει την τοπογραφία με μορφή σκιασμένου ανάγλυφου που προέκυψε από το ΨΜΕ με διαστάσεις κελιού 20 μ*20 μ, φωτισμένο από τη δύση με κλίση 45°. Ο χάρτης παρουσιάζει επιλεγμένες γεωμορφές — οι οποίες αποτυπώθηκαν από τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση — οι οποίες σχετίζονται με την τεκτονική δραστηριότητα και συνδυάζονται με σεισμικά στοιχεία του κεφαλαίου 2.4. Πιο αναλυτικά, στον νεοτεκτονικό

χάρτη απεικονίζονται τα ρήγματα της περιοχής σε συνδυασμό με τη σεισμικότητα και τις γεωμορφές που αποτελούν δείκτες νεοτεκτονικής δράσης. Στην περιοχή αναγνωρίστηκαν μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες και ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ έως Α-Δ τα οποία διαμορφώνουν το υδρογραφικό δίκτυο, καθορίζουν τις περιοχής απόθεσης των Τεταρτογενών ιζημάτων και γενικότερα ευθύνονται για τη μορφολογία του ανάγλυφου. Ο νεοτεκτονικός χάρτης δύναται να οριοθετήσει περιοχές που θα παρουσιάσουν σεισμική δραστηριότητα ή περιοχές που θα παρουσιάσουν κακή απόκριση σε περίπτωση σεισμού.

Αναλυτικά ο νεοτεκτονικός χάρτης της περιοχής μελέτης αποτελείται από τα εξής επίπεδα:

1. τοπογραφία: Αποτελούμενο από ισοϋψείς καμπύλες και υψομετρικά σημεία,
2. λιθολογία: Για χάρη απλοποίησης και ευκολίας ανάγνωσης του χάρτη, γίνεται ένας γενικός διαχωρισμός των σχηματισμών που απαντούν στη περιοχή με το αλπικό υπόβαθρο να παρουσιάζεται ενοποιημένο (σχιστόλιθο και γνεύσιοι του κρυσταλλικού υποβάθρου, κλαστικά πετρώματα όπως αρκόζες και γραουβάκες, ασβεστόλιθοι - δολομίτες, βασικά εκρηξιγενή πετρώματα όπως διαβάσης και δολερίτης, πρασινίτες - πρασινόλιθοι, σχιστοκερατολιθική διάπλαση, οφιόλιθοι, κερατόλιθοι, σιδηρονικελιούχα και βωξιτικά κοιτάσματα και φλύσχης) και τις αποθέσεις Παλαιογενούς, Νεογενούς και Τεταρτογενούς ηλικίας να παρουσιάζονται σε χωριστές κατηγορίες, ήτοι κοιτάσματα λευκόλιθου, ηφαιστειακά πετρώματα όπως λάβες, ανδεσίτες και τόφφοι δακίτη, μαργαϊκοί και τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι του συστήματος ποταμολιμναίων αποθέσεων, κροκαλολατυποπαγή του συστήματος ποταμολιμναίων αποθέσεων, σχηματισμοί μαργών και ψαμμιτών του συστήματος ποταμολιμναίων αποθέσεων, κώνοι κορημάτων και αλλουβιακές αποθέσεις,
3. τεκτονική: Περιλαμβάνει τις μεγάλες επωθήσεις της περιοχής, τις κύριες και δευτερεύουσες καθώς και τις πιθανές τεκτονικές ζώνες, με τις τροποποιήσεις αναφορικά με την τμηματοποίηση τους που προέκυψαν από τις αναλύσεις των κεφαλαίων που προηγήθηκαν, νέα ρήγματα η ύπαρξη των οποίων επιβεβαιώθηκε από την παρουσία σημείων κάμψης και ρήγματα που αποτυπώνονται στους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ. Εκτός των πιθανών ιχνών των ρηγμάτων και της επώθησης, τα υπόλοιπα ρήγματα που απεικονίζονται στον νεοτεκτονικό χάρτη παρουσιάζονται ταξινομημένα βάσει της αξιοπιστίας της δραστηριότητάς τους. Διαχωρίζονται σε (α) πολύ πιθανής δραστηριότητας, εφόσον τεκμηριώθηκαν από γεωμορφολογικά κριτήρια (αποτελέσματα γεωμορφολογικής

ανάλυσης - Κεφάλαιο 5) σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του κεφαλαίου 7 στο οποίο έγινε εκτίμηση της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης και με τα αποτελέσματα των αναλύσεων σε περιφερειακή και τοπική κλίμακα των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης (κεφάλαια 4 και 6), και τα υπόλοιπα κατηγοριοποιούνται ως (β) πιθανής δραστηριότητας,

4. υδρογραφία: Αποτελούμενο από κοίτες ρεμάτων περιοδικής/μόνιμης ροής και τον κεντρικό υδροκρίτη,
5. γεωμορφολογία: Περιλαμβάνει μορφές δομής δηλαδή τις μορφολογικές ασυνέχειες, καθώς και τις επιφάνειες διάβρωσης και τη φορά κλίσης των κεκλιμένων επιφανειών επιπέδωσης (2-5^{o}), ποτάμιες γεωμορφές όπως ποτάμιες αναβαθμίδες, σημεία κάμψης και ανεμοτομές και επίσης παράκτιες γεωμορφές, ήτοι θαλάσσιες αναβαθμίδες και ανυψωμένες παλιρροιακές εγκοπές,
6. σεισμολογικά στοιχεία: Αποτελούμενο από τα επίκεντρα των σεισμών μεγέθους ML>4.0 για την περίοδο από το 1902 μέχρι τον Ιούνιο του 2018,
7. κατοικημένες περιοχές.

Από το σύνολο των ρηγμάτων της περιοχής, δεκαπέντε (15) τεκμηριώθηκαν με γεωμορφολογικά και μορφοτεκτονικά κριτήρια και ως εκ τούτου κατατάσσονται σε πολύ πιθανής δραστηριότητας και τα περισσότερα από αυτά αποτελούν ρήγματα υψηλής διακινδύνευσης αφού έχουν μήκος μεγαλύτερο από 5 χλμ. και βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από 5 χλμ. από πόλεις (χαρακτηρισμός βάσει των Ganas et al., 2013).

Αναφορικά με τον υπολογισμό της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής, θα πρέπει να αναφερθεί πως αυτή προέκυψε με τη χρήση επιλεγμένων παραγόντων και την εφαρμογή της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας και του σταθμισμένου γραμμικού συνδυασμού. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με εκείνα της ανάλυσης των λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα, η οποία περιελάμβανε τόσο την παραγοντική ανάλυση βαθμονομημένων παραμέτρων και την αναλυτική ιεράρχηση των παραγόντων που προέκυψαν, όσο και τη δημιουργία και τον υπολογισμό ενός σύνθετου δείκτη σχετικής τεκτονικής δραστηριότητας (IRTA), και τέλος επιβεβαιώθηκαν με υπαίθριες παρατηρήσεις.

Τα αποτελέσματα όλων των κεφαλαίων της παρούσας διατριβής, μέσω των μεθοδολογικών προσεγγίσεων και των αναλύσεων που επιχειρήθηκαν, συνηγορούν υπέρ της ενεργότητας των ρηξιγενών ζωνών Δίρφυος, Κανδηλίου και Γρεγολίμανου-Τελέθριου, Κεχριών, Προκοπίου-

Πηλίου και των ρηγμάτων στο ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης. Επιβεβαιώνουν και συμπληρώνουν με νέα στοιχεία τις απόψεις άλλων ερευνητών σχετικά με την ενεργό τεκτονική και τη γεωμορφολογία της βόρειας Εύβοιας. Ταυτόχρονα, εντοπίστηκαν συγκεκριμένα τμήματα των κύριων ρηξιγενών ζωνών που εμφανίζονται περισσότερο ενεργά και ταξινομήθηκε ένας μεγάλος αριθμός ρηγμάτων της περιοχής με βάση την αξιοπιστία δραστηριότητάς τους σύμφωνα με την μορφοτεκτονική ανάλυση που διενεργήθηκε.

Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για μελλοντικό έργο

Περιορισμοί της έρευνας

Στους περιορισμούς της παρούσας διατριβής περιλαμβάνεται η δυσκολία της ανάλυσης η οποία έγκειται σε τεχνικά ζητήματα που αφορούν τη χαρτογράφηση και την υπαίθρια παρατήρηση των υποθαλάσσιων ρηγμάτων και εκείνων που εκτείνονται από την ξηρά, στην παράκτια περιοχή και στη θάλασσα.

Επιπλέον, παρά τη μεγάλη προσπάθεια που καταβλήθηκε δεν ήταν δυνατό να γίνουν επισκέψεις σε όλες τις θέσεις ενδιαφέροντος. Αυτό οφείλεται κυρίως στη δυσκολία πρόσβασης και δευτερευόντως στον περιορισμένο αριθμό ημερών που αναλογούσε σε υπαίθρια εργασία, με δεδομένη τη μεγάλη έκταση της περιοχής μελέτης.

Προτάσεις για μελλοντικό έργο

Τα αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης φανερώνουν τη χρησιμότητα της μορφομετρικής ανάλυσης για τον υπολογισμό της σχετικής ενεργού τεκτονικής, αλλά παράλληλα υποδεικνύουν και την αναγκαιότητα υλοποίησης μελλοντικών λεπτομερών ερευνών με χρήση τεχνικών τηλεπισκόπησης προκειμένου να εξαχθούν μεγάλης ακρίβειας μετρήσεις/αποτελέσματα για τις ενεργές τεκτονικές διεργασίες και την παραμόρφωση της περιοχής.

Επιπλέον μπορούν, με περαιτέρω εργασία πεδίου, να γίνουν δειγματοληψίες και να χρονολογηθούν επιφάνειες επιπέδωσης ή ποτάμιες και θαλάσσιες αναβαθμίδες σε μια προσπάθεια αναπαράστασης της πρόσφατης γεωμορφολογικής εξέλιξης της περιοχής. Επίσης, μπορούν να χαρτογραφηθούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα τριγωνικά πρανή, ώστε να προσδιοριστεί ο ρυθμός ολίσθησης των ρηξιγενών ζωνών και να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με τα βιβλιογραφικά δεδομένα των ρυθμών ανύψωσης που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή.

Μελλοντικό έργο μπορεί να αποτελέσει επίσης η επικύρωση των αποτελεσμάτων με εφαρμογή των μεθόδων (π.χ. υπολογισμός του νέου δείκτη) και των ταξινομήσεων σε άλλες περιοχές. Επιπλέον, θα ήταν χρήσιμη η εφαρμογή διαφορετικών συντελεστών βαρύτητας στους παράγοντες/κριτήρια των αναλύσεων που εκτελέστηκαν, οι οποίοι θα ήταν ενδιαφέρον να προκύπτουν από άλλες μεθοδολογίες, δηλαδή εκτός των συγκρίσεων ανά ζεύγη που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διατριβή.

Ο συνδυασμός γεωμορφολογικών και παλαιοσεισμολογικών τεχνικών έχει αποδειχθεί, μέσω πολλών ερευνών (π.χ. Pantosti et al., 2004; Verrios et al., 2004), εξαιρετικά χρήσιμος τόσο στην ανάλυση της τεκτονικής επίδρασης στο ανάγλυφο όσο και στον προσδιορισμό του ρυθμού δραστηριοποίησης των ενεργών ρηγμάτων. Η μελέτη της βαθυμετρίας για την λεπτομερή αποτύπωση των υποθαλάσσιων ρηξιγενών ζωνών που επηρεάζουν την περιοχή και δεν έχουν χαρτογραφηθεί επακριβώς, είναι ένα κομμάτι το οποίο θα μπορούσε να αποτελέσει μελλοντικό έργο και να προσφέρει τόσο στον εντοπισμό του αριθμού των σεισμικών γεγονότων που έχουν καταγραφεί σε κάθε ζώνη, όσο και στον προσδιορισμό των περιόδων επανάληψης αυτών και στο ρυθμό ολίσθησης των ρηγμάτων με μεγάλη ακρίβεια.

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Allen (1975), στην προσπάθεια να γίνει κατανοητή η μακροπρόθεσμη σεισμικότητα, πρέπει να γίνουν γνωστά όσο το δυνατόν περισσότερα στοιχεία για την ιστορία της παραμόρφωσης σε μια περιοχή κατά τη διάρκεια του ανώτερου Τεταρτογενούς και κυρίως του Ολόκαινου, μέσω πολλών διαφορετικών ερευνών-μελετών.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Ελληνόγλωσση

Ξενόγλωσση

Abdullah, A., Akhir, J.M. & Abdullah, I., 2010. Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEMs) in the Maran – Sungi Lembing Area, Malaysia. *EJGE*, 15, pp.949-957.

Abrahams, A.D., 1984. Channel Networks' A Geomorphological Perspective. *Water Resources Research*, 20(2), pp.161-168.

Ahmed, F., Udaya, B.R.C. & Rao, K.S., 2012. Drainage Basin Morphometry and Tectonic Implications of Tuikum Watershed, Mizoram. *A Journal of Geography Association of Mizoram, Aizawl* , 7, pp.51-59.

Alhirmizy, S., 2015. Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEM) in Kirkuk Northeast Iraq. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(5), pp.2228-2233.

Ali, U. & Ali, S.A., 2014. Analysis of Drainage Morphometry and Watershed Prioritization of Romushi - Sasar Catchment, Kashmir Valley, India using Remote Sensing and GIS Technology. *International Journal of Advanced Research*, 2(12), pp.5-23.

Alipoor, R., Poorkermani, M., Zare, M. & El Hamdouni, R., 2011. Active tectonic assessmement around Rudbar Lorestan dam site, High Zagros Belt (SW of Iran). *Geomorphology*, 128, pp.1-14.

Allen, C.R., 1975. Geological Criteria for Evaluating Seismicity. *Geological Society of America Bulletin*, 86, pp.1041-1057.

Allen, P.A. & Densmore, A.L., 2000. Sediment flux from an uplifting fault block. *Basin Research*, 12, pp.367-380.

Al-Sulaimi, J., Khalaf, F.J. & Mukhopadhyay, A., 1997. Geomorphological Analysis of Paleo Drainage Systems and Their Environmental Implications in the Desert of Kuwait. *Environmental Geology*, 29(1/2), pp.94-111.

Ambili, V. & Narayana, A.C., 2014. Tectonic effects on the longitudinal profiles of the Chaliyar River and its tributaries, southwest India. *Geomorphology*, 217, pp.37-47.

Ambraseys, N.N. & Jackson, J.A., 1990. Seismicity and associated strain of central Greece between 1890 and 1988. *Geophys. J. Int.*, 101, pp.663-708.

Ambraseys, N.N. & Jackson, J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International* , 133, pp.390-406.

Anand, A.K. & Pradhan, S.P., 2019. Assessment of active tectonics from geomorphic indices and morphometric parameters in part of Ganga basin. *J. Mt. Sci.*, 16, pp.1943–1961.

Angelier, J., 1978. Tectonic evolution of the Hellenic arc since the late Miocene. *Tectonophysics*, 49, pp.23-36.

Argyriou, A., 2012. *PhD : A methodology for the Rapid Identification of Neotectonic Featiures using Geographical Information systems and Remote Sensing: A case study from Western Crete, Greece*. Portsmouth: School of Earth adn Environmental Sciences University of Portsmouth United Kingdom.

Argyriou, A.V., Teeuw, R.M., Rust, D. & Sarris, A., 2016. GIS multi-criteria decision analysis for assessment and mapping of neotectonic landscape deformation: A case study from Crete. *Geomorphology*, (253), pp.262-74.

Argyriou, A.V., Teeuw, R.M., Soupios, P. & Sarris, A., 2017. Neotectonic control on drainage systems: GIS-based geomorphometric and morphotectonic assessment for Crete, Greece. *Journal of Structural Geology*, 104, pp.93-111.

Arian, M. & Aram, Z., 2014. Relative tectonic activity classification in the Kermanshah area, western Iran. *Solid Earth*, 5, pp.1277–1291.

Aristotle University of Thessaloniki Seismological Network, 1981. *Permanent Regional Seismological Network operated by the Aristotle University of Thessaloniki. International Federation of Digital Seismograph Networks. Other/Seismic Network. 10.7914/SN/HT*. [Online] Available at: http://geophysics.geo.auth.gr/ss/ [Accessed 9 June 2018].

Armijo, R., Meyer, B., King, G.C.P., Rigo, A. & Papanastassiou, D., 1996. Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implications Late Cenozoic evolution of the Aegean. *Geophysical Journal International*, 126, pp.11-53.

Arvanitis, A., 2011. *Geothermal activities in Greece*. Hannover, Germany: International Trade Fair Energy 2011, Renewable Energy Industry and Export Forum.

Bahrami, S., 2012. Morphotectonic evolution of triangular facets and wine-glass valleys in the Noakoh anticline, Zagros, Iran: Implications for active tectonics. *Geomorphology*, 159-160, pp.37-49.

Bahrami, S., 2013. Analyzing the drainage system anomaly of Zagros basins: Implications for active tectonics. *Tectonophysics*, 608, pp.914-928.

Bathrellos, G., Karymbalis, E., Skilodimou, H., Gaki-Papanastassiou, K. & Baltas, E., 2016. Urban flood hazard assessment in the basin of Athens Metropolitan city, Greece. *Environ. Earth Sci.*, 75, pp.319:1-319:14.

Benetatos, C., Kiratzi, A., Kementzetzidou, K., Roumelioti, Z., Karakaisis, G., Scordilis, E., Latoussakis, I., & Drakatos, G., 2004. The Psachna (Evia island) earthquake warm of June 2003. *Bulletin of the Geological Society of Greece. Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004*, XXXVI (3), pp.1379-1388.

Beven, K.J. & Kirkby, M.J., 1979. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrologic Science Bulletin*, 24(1), pp.43-69.

Bishop, P., 2007. Long-term landscape evolution: linking tectonics and surface processes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, pp.329-365.

Bishop, P., Hoey, T.B., Jansen, J.D. & Artza, I.L., 2005. Knickpoint recession rate and catchment area:the case of uplifted rivers in Eastern Scotland. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30(6), pp.767–778.

Biswas, S., Sudhakar, S. & Desai, V.R., 1999. Prioritization of sub-watersheds based on morphometric analysis of drainage basin: a remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27(3), pp.155-166.

Biswas, S., Sudhakar, S. & Desai, V.R., 2002. Remote Sensing and Geographic Information Dystem Based Approach for Warershed Conservation. *Journal of Surveying Engineering*, 128(3), pp.108-124.

Blair, T.C. & McPherson, J.G., 1994. Alluvial fan processes and forms. In A.D. Abrahams & A.J. Parsons, eds. *Geomorphology of desert environments*. London: Chapman & Hall. pp.354-402.

Boroushaki, S. & Malczewski, J., 2008. Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 34, pp.399–410.

Brabyn, L., 1998. GIS Analysis of Macro Landform. New Zealand, 1998. 10th Colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago.

Bradley, K.E., Vassilakis, E., Hosa, A. & Weiss, B.P., 2013. Segmentation of the Hellenides recorded by Pliocene initiation of clockwise block rotation in Central Greece. *Earth and Planetary Science Letters*, 362, pp.6-19.

Buckley, J.J., 1985. Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, pp.233-47.

Bull, W.B., 2007. *Tectonic Geomorphology of Mountains: A New Approach to Paleoseismology*. Malden: Blackwell Publishing.

Bull, W.B., 2009. *Tectonically Active Landscapes*. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing.

Bull, W.B. & McFadden, L., 1977. Tectonic geomorphology North and South of the Garlock fault, California. In D.O. Dohering, ed. *Geomorphology in Arid Regions*. Binghamton: Publ. in Geomorphology, State University of New York. pp.115-138.

Burbank, D.W. & Anderson, R.S., 2008. *Tectonic Geomorphology*. UK: Blackwell Science.

Burrough, P.A., 1986. *Principles of Geographical Information system for Land Resource Assesment*. 1st ed. Oxford: Clarendon Press.

Burrough, P.A., Van Gaans, P.F.M. & MacMillan, R.A., 2000. igh resolution landform classification using fuzzy-k means. *Fuzzy Sets and Systems*, 113, pp.37-52.

Cannon, P.J., 1976. Generation of explicit parameters for a quantitative geomorphic study of Mill Creek drainage basin. *Oklahoma Geology Notes*, 36(1), pp.3-16.

Caputo, R. & Pavlides, S., 2013. *The Greek Database of Seismogenic Sources (GreDaSS), version 2.0.0: A compilation of potential seismogenic sources (Mw > 5.5) in the Aegean Region*. [Online] Available at: http://gredass.unife.it/ [Accessed 05 June 2018].

Chalkias, C., 2015. *Geographical Analysis with the use of Geoinformatics*. 114194546th ed. Athens: Hellenic Academic Libraries Link (in Greek). Available at: http://hdl.handle.net/11419/4546.

Chalkias, C., D, P. & Karymbalis, E., 2014. Maximum macroseismic intensity map of Greece for the time period 1953–2011. *Journal of Maps*, 10(2), pp.195-202.

Chang, D.V., 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research of operational research*, 95(3), pp.649-655.

Chatzipetros, A., Pavlides, S. & Mountrakis, D., 1998. Understanding the 13 May 1995 Western Macedonia earthquake: A paleoseismological approach. *Journal of Geodynamics* , 26, pp.327-339.

Chen, Y., Sung, Q. & Cheng, K., 2003. Along-strike variations of morphometric features in the western foothills of Taiwan: tectonic implications based on stream gradient and hypsometric analysis. *Geomorphology,* 56, pp.109-137.

Chopra, R., Deep Dhiman, R. & Sharma, P.K., 2005. Morphometric analysis of sub-watersheds in Guardaspur district, Punjab using remote sensing and gis techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33(4), pp.531-539.

Ciccacci, S., De Rita, D. & Fredi, P., 1988. Quantitative Geomorphology and Morphoneotectonics of the Morlupo-Castelnuovo di Porto (Monti Sabatini , Latium). *Supplements of Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, I, pp.197-206.

Ciotoli, G., Della Seta, M., Del Monte, M., Fredi, P., Lombardi, S., Lupia Palmieri, E. & Pugliese, F., 2003. Morphological and geochemical evidence of neotectonics in the volcanic area of Monti Vulsini (Latium, Italy). *Quaternary International*, 101-12, pp.103-113.

Clarke, P.J., 1996. *Tectonic Motions and Earthquake Deformation in Greece from GPS Measurements*. Διδακτορική Διατριβή. Faculty of Physical Sciences, University of Oxford.

Clarke, P.J., Davies, R.R., England, P.C., Parsons, B.E., Billiris, H., Paradissis, D., Veis, G., Cross, P.A., Denys, P.H., Ashkenazi, V., Bingley, R., Kahle, H.G., Muller, M.V. & Briole, R., 1998. Crustal strain in central Greece from repeated GPS measurements in the interval 1989–1997. *Geophysical Journal International*, 135, pp.195-214.

Clubb, F.J., Mudd, S.M., Milodowski, D.T., Valters, D, A., Slater, L. J., Hurst, M.D. & Limaye, A., 2017. Geomorphometric delineation of floodplains and terraces from objectively defined topographic thresholds. *Earth Surface Dynamics Discussions*, 5(3), pp.369-385.

Cooley, S.W., 2015. *GIS 4 Geomorphology*. [Online] Available at: http://www.gis4geomorphology.com [Accessed 1 January 2018].

Cox, R.T., 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. *Geological Society of America Bulletin*, 106, pp.571-581.

Cox, R.T., Van Arsdale, R.B. & Harris, J.B., 2001. Identification of possible Quaternary deformation in the northeastern Mississippi Embayment using quantitative geomorphic analysis of drainage-basin asymmetry. *Geological Society of America Bulletin*, 113(5), pp.615-624.

Crosta, G. & Frattini, P., 2004. Controls on modern alluvial fan processes in the central Alps, Northern Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29, pp.267-293.

Cundy, A.B., 2005. Recent rapid sea-level change in the eastern Mediterranean and the coastal sedimentary record. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplementbande*, 137, pp.29-35.

Dar, R.A., Romshoo, S.A., Chandra, R. & Ahmad, I., 2014. Tectono-geomorphic study of the Karewa Basin of Kashmir Valley. *Journal of Asian Earth Sciences* , 92, pp.143-156.

De Bono, A., Martini, R. & Zaninetti, L., 2001. Permo-Triassic stratigraphy of the pelagonian zone in central Evia island (Greece). *Eclogae Geologicae Helvetiae* , 94, pp.289-311.

Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A.A., Motamedi, H., & Hosseiniasl, A., 2010. Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. *Geomorphology*, 121, pp.329-341.

Della Seta, M., Del Monte, M., Fredi, P. & Lupia Palmieri, E., 2004. Quantitative morphotectonic analysis as a tool for detecting deformation patterns in soft-rock terrains: a case study from the southern Marches, Italy. *Géomorphologie : relief, processus, environnement. Octobre-décembre*, 10(4), pp.267-284.

Demoulin, A., 1998. Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe). *Geomorphology*, 24, pp.189-208.

Demoulin, A., Bovy, B., Rixhon, G. & Cornet, Y., 2007. An automated method to extract fluvial terraces from digital elevation models: The Vesdre valley, a case study in eastern Belgium. *Geomorphology*, 91(1-2), pp.51-64.

Dikau, R., 1989. The application of a digital relief model to landform analysis. In J.F. Raper, ed. *Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems*. London: Taylor and Francis. pp.51-77.

Dikau, R., Brabb, E.E. & Mark, R.M., 1991. Landform classification of New Mexico by Computer. *U.S. Geological Survey Open File Report 91-634*, pp.1-15.

Doranti-Tiritan, C., Hackspacher, P.C., de Souza, D.H. & Siqueira-Ribeiro, M.C., 2014. The Use of the Stream Length-Gradient Index in Morphotectonic Analysis of Drainage Basins in Poços de Caldas Plateau, SE Brazil. *International Journal of Geosciences*, 5, pp.1383-1394.

Drăguţ, L. & Blaschke, T., 2006. Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 81, pp.330-344.

Dramis, F. & Blumetti, A.M., 2005. Some considerations concerning seismic geomorphology and paleoseismology. *Tectonophysics*, 408, pp.177-191.

Drinia, H., Antonarakou, A. & Anastasakis, G., 2014. Late Quaternary micropalaeontological record of a semi-enclosed marine basin, North Evoikos, central Aegean Sea. *Quaternary International*, 345, pp.18-31.

Drobne, S. & Lisec, A., 2009. Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging. *Informatica*, 33, pp.459–474.

El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J. & Keller, E.A., 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, 96, pp.150-173.

Elsheikh, R.F.A., Ouerghi, S. & Elhag, A.R., 2015. Flood Risk Map Based on GIS, and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia). *Journal of Geographic Information System*, (7), pp.348-357.

Etchebehere, M.L.C., Saad, A.R., Fulfaro, V.J. & Perinotto, J.A.J., 2004. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão – RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para Detecção de Deformações Neotectônicas. *Revista do Instituto de Geociências – USP Série Científica, São Paulo*, 4(2), pp.43-56.

Evans, I.S., 1972. General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In R.J. Chorley, ed. *Spatial analysis in geomorphology*. New York: Harper and Row. pp.17-90.

Evans, I.S., 1990. General geomorphometry. In A. Goudie, ed. *Geomorphological Techniques*. New York: Routledge Taylor & Francis Group. pp.49-63.

Evans, I.S., 1998. What do terrain statistics really mean? In S. Lane, K. Richards & J. Chandler, eds. *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. Chichester: Wiley. pp.119-138.

Evelpidou, N., Vassilopoulos, A. & Pirazzoli, P.A., 2012. Holocene emergence in Euboea island (Greece). *Marine Geology*, 295-298, pp.14-19.

Eynoddin, E., Solgi, A., Pourkermani, M., Matkan, A. & Arian, M., 2017. Assessment of Relative Active Tectonics in the Bozgoush Basin (SW of Caspian Sea). *Open Journal of Marine Science*, 7, pp.211-237.

Faka, A., 2020. Assessing Quality of Life Inequalities. A Geographical Approach. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 9(10), pp.600-619.

Finnegan, N.J. & Balco, G., 2013. Sediment supply, base level, braiding, and bedrock river terrace formation: Arroyo Seco, California, USA. *Geological Society of America Bulletin*, 125(7-8), pp.1114-1124.

Florinsky, I.V., 2012. *Digital terrain analysis in soil science and geology*. 1st ed. Oxford: Academic Press is an imprint of Elsevier.

Font, M., Amorese, D. & Lagarde, J.-L., 2010. DEM and GIS analysis of the stream gradient index to evaluate effects of tectonics:The Normandy intraplate area (NW France). *Geomorphology*, 119, pp.172-180.

Fountoulis, I., Vassilakis, E., Mavroulis, S., Alexopoulos, J., Dilalos, S. & Erkeki, A., 2015. Synergy of tectonic geomorphology, applied geophysics and remote sensing techniques reveals new data for active extensional tectonism in NW Peloponnese (Greece). *Geomorphology,* 237, pp. 52-64

Gaki-Papanastassiou, K., Papanastassiou, D. & Maroukian, H., 1996. Geomorphic and archaeological-historical evidence for past earthquakes in Greece. *Annali di geofisica*, XXXIX(3), pp.589-601.

Gaki-Papanastassiou, K., Papanastassiou, D. & Maroukian, H., 2007. Recent uplift rates at Perachora Peninsula, east Gulf of Corinth, Greece, based on geomorphological–archaeological evidence and radiocarbon dates. *Hellenic Journal of Geosciences*, 42, pp.45-56.

Galanakis, D., Pavlides, S. & Mountrakis, D., 1998. Recent brittle tectonic in Almyros – Pagasitikos, Maliakos, N. Euboea & Pilio. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXII(1), pp.263-273.

Gallant, J.C. & Wilson, J.P., 2000. Primary topographic attributes. In J.P. Wilson & J.C. Gallant, eds. *Terrain Analysis: Principles and Applications*. New York: John Wiley & Sons. pp.51-85.

Galloway, W.E., 1975. Process framework for describing the morpbological and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In M.L. Broussard, ed. *Deltas, Models for Exploration*. Houston.: Houston Geol. Soc. pp.87-98.

Ganas, A., 1997. *PhD : Fault segmentation and seismic hazard assessment in the guld of Evia rift, Central Greece*. Reading: University of Reading, Department of Geography.

Ganas, A., Karastathis, V., Moshou, A., Valkaniotis, S., Mouzakiotis, A. & Papathanassiou, G., 2014. Aftershock relocation and frequency–size distribution, stress inversion and seismotectonic setting of the 7 August 2013 M = 5.4 earthquake in Kallidromon Mountain, central Greece. *Tectonophysics*, 617, pp.101-113.

Ganas, A., Oikonomou, I.A. & Tsimi, C., 2013. NOAfaults: a digital database for active faults in Greece. Chania, 2013. Bulletin of the Geological Society of Greece.

Ganas, A. & Papoulia, I., 2000. High-resolution, Digital Mapping of the Seismic Hazard within the Gulf of Evia Rift, Central Greece Using Normal Fault Segments as Line Sources. *Natural Hazards*, 22(3), pp.203-223.

Ganas, A., Pavlides, S. & Karastathis, V., 2005. DEM-based morphometry of range-front escarpments in Attica, central Greece, and its relation to fault slip rates. *Geomorphology*, 65, pp.301-319.

Gartzos, E., Dietrich, V., Migiros, G., Serelis, K. & Lymperopoulou, T., 2009. The origin of amphibolites from metamorphic soles beneath the ultramafic ophiolites in Evia and Lesvos (Greece) and their geotectonic implication. *Lithos*, 108, pp.224-242.

Gautier, P., 1995. Géométrie crustale et cinématique de l'extension tardi-orogénique dans le domaine centre-égéen (Iles des Cyclades et d'Eubée, Grèce). *Thèse Géosciences Rennes*.

Genre, C., 1985. Cartes des lineaments structuraux établies à partir d'images Landsat II et des données sismotectoniques OASP et IGME. *Rapport de recherche, CIEM, Poitiers*.

Genre, C., 1999. Néotectonique et développement des terrasses de l'Holocène récent : l'exemple de l'Eubée (Grèce centreorientale)/Neotectonics and Late Holocene terraces. The example of Euboea (Central Eastern Greece). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 5(2), pp.143-158.

Gilbert, G.K., 1877. *Report on the Geology of the Henry Mountains*. Washington, D.C.: United States Government Printing Office.

Glock, W.S., 1932. Available Relief as a Factor of Control in the Profile of a Landform. *Journal of Geography*, 40(1), pp.74-83.

Goldrick, G. & Bishop, P., 1995. Differentiating the Roles of Lithology and Uplift in the Steepening of Bedrock River Long Profiles: An Example from Southeastern Australia. *The Journal of Geology*, 103(2), pp.227-31.

Goldsworthy, M. & Jackson, J., 2000. Active normal fault evolution in Greece revealed by geomorphology and drainage patterns. *Journal of the Geological Society* , 157(5), pp.967-981.

Goldsworthy, M., Jackson, J. & Haines, J., 2002. The continuity of active fault systems in Greece. *Geophysical Journal International*, 148(3), pp.596-618.

Google Earth Pro, 2017. *Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, DigitalGlobe2017*. [Online] Available at: https://www.google.com/earth/ [Accessed 15 November 2017].

Gottschalk, L.C., 1964. Reservoir sedimentation. In V.T. Chow, ed. *Handbook of applied hydrology*. New York: McGraw Hill. pp.4-11.

Goudie, A.S., 2004. *Encyclopedia of geomorphology, Volume 1, A–I*. London: Routledge Ltd.

Gournet, C., 1971. Études géologiques en Eubée et dans les régions voisines (Grèce). *Faculté des sciences de Paris*.

Guarnieri, P. & Pirrotta, C., 2008. The response of drainage basins to the late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, 95(3-5), pp.260-73.

Gupta, I.D., 2002. The state of art in seismic hazard analysis. *ISET Journal of Earthquake Technology*, 428(39), pp.311-346.

Gupta, R.P., 2003. *Remote Sensing Geology*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

Gustavsson, M., Kolstrup, E. & Seijmonsbergen, A.C., 2006. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology*, 77, pp.90-111.

Hack, J.T., 1957. Studies of Longitudinal Stream Profiles in Virginia Maryland. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, pp.45-95.

Hack, J.T., 1973. Stream-profile analysis and stream-gradient index. *Journal Research U.S.Geological Survey*, 1(4), pp.421-429.

Hammond, E.H., 1954. Small scale continental landform maps. *Annals of the Association of American Geographers*, 44, pp.32-42.

Hammond, E.H., 1964α. Analysis of properties in landform geography: An application to broadscale landform mapping. *Annals of the Association of American Geographers*, 54(1), pp.11-19.

Hammond, E.H., 1964β. Classes of land surface form in the forty-eight states, U.S.A. *Annals of the Association of American Geographers*, 54(1), p.map supplement.

Hanks, T.C. & Webb, R.H., 2006. Effects of tributary debris on the longitudinal profile of the Colorado River in Grand Canyon. *Journal of Geophisical Research*, 111(F02020).

Hare, P.W. & Gardner, T.W., 1985. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In M. Morisawa & J.T. Hack, eds. *Tectonic geomorphology: Proceedings of the 15th Geomorphology Symposia Series, Binghamton*. Boston: Allen & Unwin. pp.75-104.

Harlin, J.M., 1978. Statistical Moments of the Hypsometric Curve and Its Density Function. *Mathematical Geology*, 10(1), pp.59-72.

Harvey, A.M., 1997. The role of alluvial fans in arid zone fluvial systems. In D.S.G. Thomas, ed. *Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands*. Chichester: John Wiley and Sons Limited. pp.231-259.

Horton, R.E., 1932. Drainage basin characlcristics. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 13(1), pp.350-361.

Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56, pp.275-370.

Hosa, A., 2009. *Late Cenozoic Extension in Limni Basin in Northern Evia, Greece*. Διδακτορική Διατριβή. B.S. Earth, Atmospheric and Planetary Sciences , M.I.T.

Hung, L.Q., Dinh, N.Q., Batelaan, O., Vu, T.T. & Lagrou, D., 2002. Remote sensing and GIS-based analysis of cave development in the Suoimuoi Catchment (Son La - NW Vietnam). *Journal of Cave and Karst Studies*, 64(1), pp.23-33.

Hurtrez, J.E. & Lucazeau, F., 1999. Investigationo f the relationshipsb etweenb asin morphology, tectonic uplift, and denudation from the study of an active fold belt in the Siwalik Hills, central Nepal. *Journal of Geophysical Research*, 104(B6), pp.12,779-796.

Ilia, I., Rozos, D. & Koumantakis, I., 2013. Landform classification using GIS techniques. The case of Kimi municipality area, Euboea island, Greece. Chania, 2013. Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. XLVII.

International Strategy for Disasater Reduction, I.S.D.R., 2009. *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction 2009*. [Online] Geneva, Switzerland: United Nations Available at: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf [Accessed 1 Ιούνιος 2018].

Ioakim, C., Rondoyanni, T. & Mettos, A., 2005. The Miocene Basins of Greece (Eastern Mediterranean) from a palaeoclimatic perspective. *Revue de Paléobiologie*, 24(2), pp.735-48.

Jackson, J., 1994. Active Tectonics of the Aegean Region. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 22, pp.239-271.

Jayappa, K.S., Markose, V.J. & Nagaraju, M., 2012. Identification of geomorphic signatures of neotectonic activity using DEM in the precambrian terrain of Western Ghats, India. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia*, XXXIX(B8), pp.215-220.

Jenness, J., 2006. *Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.2.* [Online] Available at: http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm. : Jenness Enterprises Available at: http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm. [Accessed 03 March 2017].

Jenness, J., 2014. *Polar Plots and Circular Statistics : Extension for ArcGIS. Jenness Enterprises*. [Online] Available at: http://www.jennessent.com/arcgis/polar_plots.htm [Accessed 02 February 2017].

Jenness, J., Brost, B. & Beler, P., 2013. *Land Facet Corridor Designer, Revision 1.2.884 (Including tools fro Topographic Position Index): Extension for ArcGIS*. [Online] Arizona: USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station Available at: http://www.jennessent.com/arcgis/land_facets.htm [Accessed 02 February 2017].

Jordan, G., Meijninger, B.M.L., van Hinsbergen, D.J.J., Meulenkamp, J.E. & van Dijk, P.M., 2005. Extraction of morphotectonic features from DEMs: Development and applications for study areas in Hungary and NW Greece. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7, pp.163-182.

Kaiser, H.F., 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23, pp.187-200.

Kale, V.S. & Shejwalkar, N., 2008. Uplift along the western margin of the Deccan Basalt Province: Is there any geomorphometric evidence? *Journal of Earth System Sciences*, 117(6), pp.959-971.

Karagülle, D., Frye, C., Sayre, R., Breyer, S., Aniello, P., Vaughan, R. & Wright, D., 2015. Improved Hammond's Landform Classification and Method for Global 250m Elevation Data. San Francisco, 2015. American Geophysical Union, Fall Meeting 2015, abstract #IN52A-05.

Karastathis, V.K., Papoulia, J., Di Fiore, B., Makris, J., Tsambas, A., Stampolidis, A. & Papadopoulos, G.A., 2011. Deep structure investigations of the geothermal field of the North Euboean Gulf, Greece, using 3-D local earthquake tomography and Curie Point Depth analysis. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 206, pp.106-120.

Karymbalis, E., Ferentinou, M. & Giles, T.P., 2018. Use of morphometric variables and self-organizing maps to identify clusters of alluvial fans and catchments in the north Peloponnese, Greece. In D. Ventra & L.E. Clarke, eds. *Geology and Geomorphology of Alluvial and Fluvial Fans: Terrestrial and Planetary Perspectives*. London, UK: Geological Society, Special Publications, 440 (1). pp.45-64.

Karymbalis, E., Papanastassiou, D., Gaki-Papanastassiou, K., Ferentinou, M. & Chalkias, C., 2016. Late Quaternary rates of stream incision in Northeast Peloponnese, Greece. *Front. Earth Sci.*, 10, pp.455–478.

Katsikatsos, G., De Bruijn, H. & van der Meulen, A., 1981. The Neogene of the island of Euboea (Evia), a review. *Geol. Mijnbouw*, 60(4), pp.509-516.

Keller, E.A. & Pinter, N., 2002. *Active Tectonics, Earthquake, Uplift and Landscape*. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall.

Kiratzi, A.A., 2002. Stress tensor inversions along the westernmost North Anatolian Fault Zone and its continuation into the North Aegean Sea. *Geophys. J. Int*, 151, pp.360-376.

Kirby, E. & Whipple, K., 2001. Quantifying differential rock-uplift rates via stream profile analysis. *Geology*, 29(5), pp.415-418.

Kirby, E. & Whipple, K.X., 2012. Expression of active tectonics in erosional landscapes. *Journal of Structural Geology*, 44, pp.54-75.

Kissel, C., Laj, C. & Mazaud, A., 1986. First paleomagnetic results from Neocene Formations in Evia, Skyros and the Volos Region and the deformation of Central Aegea. *Geophysical Research Letters*, 13(13), pp.1446-1449.

Kokinou, E., Skilodimou, H. & Bathrellos, G., 2013. Morphotectonic analysis of Heraklion Basin (Crete, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 47, pp.285-294.

Kontos, T.D., Komilis, D.P. & Halvadakis, C.P., 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management*, 25(8), pp.818-832.

Koukouvelas, I. K., Zygouri, V., Papadopoulos, G. A. & Verroios, S., 2017. Holocene record of slip-predictable earthquakes on the Kenchreai Fault, Gulf of Corinth, Greece. *Journal of Structural Geology, 94,* pp.258-274.

Kouli, M., Vallianatos, F., Soupios, P. & Alexakis, D., 2007. Gis-based morphometric analysis of two major watersheds, Western Crete, Greece. *Journal of Environmental Hydrology*, 15, pp.1-17.

Kusky, T., 2008. *Earthquakes, Plate Tectonics and Earthquake Hazards*. 1st ed. United States of America: Facts On File, Inc.

Laborel, J. & Laborel-Deguen, F., 1994. Biological Indicators of Relative Sea-Level Variations and of Co- Seismic Displacements in the Mediterranean Region. *Journal of Coastal Research*, 10(2), pp.395-415.

Lajoie, K.R., 1986. Coastal Tectonics. In Geophysics Study Committee, ed. *Active Tectonics : Impact on Society*. Washington, D.C.: National Academy Press. pp.95-124.

Le Pichon, X. & Angelier, J., 1979. The Hellenic Arc and Trench system : a key to the neotectonic evolution of the eastern mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, pp.1-42.

Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N. & Lallemant, S., 1995. Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe: Implications for eastern Mediterranean tectonics. *Journal of Geophysical Research*, 100(B7), pp.12,675-12,690.

Leeder, M.R. & Jackson, J.A., 1993. The interaction between normal faulting and drainage in active extensional basins, with examples from the western United States and central Greece. *Basin Research*, 5, pp.79-102.

Leeder, M.R., Seger, M.J. & Stark, C.P., 1991. Sedimentation and tectonic geomorphology adjacent to major active and inactive normal faults, southern Greece. *Journal of the Geological Society of London*, 148, pp.331-343.

Lenôtre, N., Thierry, P., Batkowski, D. & Vermeersch, F., 2004. The Coastal Erosion Layer WP 2.6. *Eurosion Project*, BRGM Report(RC-52864-FR), pp.1-45.

Lifton, N.A. & Chase, C.G., 1992. Tectonic, climatic and lithologic influences on landscape fractal dimension and hypsometry: implications for landscape evolutionin the San Gabriel Mountains, California. *Geomorphology*, 5(1), pp.77-114.

Luo, W., 2000. Quantifying groundwater-sappign landforms with a hypsometric technique. *Journal of Geophysical Research*, 105(E1), pp.1685-1694.

Mahmood, S.A. & Gloaguen, R., 2012. Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers*, 3(4), pp.407-428.

Makropoulos, K.C. & Burton, P.W., 1984. Greek Tectonics and Seismicity. *Tectonophysics,* 106, pp.275-304.

Makropoulos, K., Kaviris, G. & Kouskouna, V., 2012. An updated and extended earthquake catalogue for Greece and adjacent areas since 1900. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 12, pp.1425-1430.

Malczewski, J., 1999. *Gis and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), pp.703-726.

Marani, A., Rigon, R. & Rinaldo, A., 1991. A Note on Fractal Channel Networks. *Water Resources Research*, 27(12), pp.3041-3049.

Mariolakos, I., Fountoulis, I. & Kranis, H., 2001. Geology and Tectonics: Sterea Hellas area. In P.G. Marinos, G.C. Koukis, G.C. Tsiambaos & G.C. Stournaras, eds. *Engineering Geology and the Environment*. Lisse: Swets & Zeitinger. pp.3971-3986.

Mariolakos, E., Nicolopoulos, E., Bantekas, I. & Palyvos, N., 2010. Oracles on faults: a probable location of a “lost” oracle of Apollo near Oroviai (Northern Evia Island, Greece) viewed in its geological and geomorphological context. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XLIII(2), pp.829-844.

Markose, V.J. & Jayappa, K.S., 2011. Hypsometric analysis of Kali River Basin, Karnataka, India, using geographic information system. *Geocarto International*, 26(7), pp.553-568.

Masoud, A. & Koike, K., 2006. Tectonic architecture through Landsat-7 ETM+/SRTM DEM-derived lineaments and relationship to the hydrogeologic setting in Siwa region, NW Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 45, pp.467-477.

Mather, A.E., Harvey, A.M. & Stokes, M., 2000. Quantifying long-term catchment changes of alluvial fan systems. *Geological Society of America Bulletin*, 112, pp.1825-1833.

Mather, A.E., Stokes, M. & Griffiths, J.S., 2002. Quaternary landscape evolution: a framework for understanding contemporary erosion, SE Spain. *Land Degradation and Development* , 13, pp.1-21.

Matoš, B., Pérez-Peña, J.V. & Tomljenović, B., 2016. Landscape response to recent tectonic deformation in the SW Pannonian Basin: Evidence from DEM-based morphometric analysis of the Bilogora Mt. area, NE Croatia. *Geomorphology*, 263, pp.132-155.

Matoš, B., Tomljenović, B. & Trenc, N., 2014. Identi fication of tectoni cally active areas using DEM: a quantitative morphometric anal y sis of Mt. Medvednica, NW Croatia. *Geological Quaterly*, 58(1), pp.51-70.

Mayer, L., 1986. Tectonic Geomorphology of Escarpments and Mountain Fronts. In Geophysics Study Committee, ed. *Active Tectonics : Impact on society*. Washington, D.C.: National Academy Press. pp.125-135.

McKeown, F.A., Jones-Cecil, M., Askew, B.L. & McGrath, M.B., 1988. Analysis of Stream-Profile Data and Inferred Tectonic Activity, Eastern Ozark Mountains Region. *U.S. GEOLOGICAL SURVEY BULLETIN* , 1807, pp.1-39.

Melton, M.A., 1957. An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology. *Dept. Geol.,Columbia University, Technical Report*, Technical Report 11.

Melton, M.A., 1965. The geomorphic and palaeoclimatic significance of alluvial deposits in Southern Arizona. *Journal of Geology*, 73, pp.1-38.

Meteo, 2018. *Ο καιρός στην Ελλάδα*. [Online] Available at: http://www.meteo.gr/Gmap.cfm [Accessed 22 Δεκέμβριος 2018].

Michail, M. & Chatzipetros, A., 2013. Morphotectonic analysis of faults in Sperchios basin (Fthiotis, Central Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XLVII(1), pp.295-304.

Miliaresis, G.C., 2008. Quantification of Terrain Processes-Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. In Q. Zhou, B. Lees & G.-a. Tang, eds. *Advances in Digital Terrain Analysis*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. pp.13-29.

Miller, V.C., 1953. *A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee*. Columbia: Of. Nav. Res. Proj.NR 389-042, Tech. Rep. 3 (Columbia Univ. Ph.D dissertation).

Molin, P., Pazzaglia, F.J. & Dramis, F., 2004. Geomorphic expression of active tectonics in a rapidly-deforming forearc Sila Massif, Calabria, Southern Italy. *American Journal of Science*, 304, pp.539-589.

Monteiro, K.d.A., Missura, R. & Correa, A.C.d.B., 2010. Application of the Hack index – or stream length-gradient index (Sl index) – to the Tracunhaém river watershed, Pernambuco, Brazil. *Geociências (São Paulo, UNESP)*, 29(4), pp.533-539.

Moore, I.D., Burch, G.J. & Mackenzie, D.H., 1988. Topographic effects on the distribution of surface soil water and the location of ephemeral gullies. *Transactions of the ASAE*, 31(4), pp.1098-1107.

Moore, I.D., Grayson, R.B. & Ladson, A.R., 1991. Digital terrain modelling : a review of hydrological, geomorphological and biological applications. *Hydrological Processes*, 5, pp.3-30.

Morisawa, M., 1958. Measurement of Drainage-Basin Outline Form. *The Journal of Geology*, 66(5), pp.587-591.

Morisawa, M., 1985. *Rivers: Form and Process*. New York: Longman.

Muhammad, M.M. & Awdal, A.H., 2012. Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEM) in Erbil-Kurdistan, northeast Iraq. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 6(2), pp.138-146.

Nooka Ratnam, K., Srivastava, Y.K., Venkateswara Rao, V., Amminedu, E. & Amminedu, K.S.R., 2005. Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis-Remote Sensing and GIS perspective. *Journal of Indian Society of Remote Sensing*, 33(1), pp.25-38.

Nyst, M. & Thatcher, W., 2004. New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean. *Journal of Geophysical Research*, 109(B11406).

O' Leary, D.W., Friedman, J.D. & Pohn, H.A., 1976. Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. *Geological Society America Bulletin*, 87, pp.1463-1469.

Oguchi, T., Aoki, T. & Matsuta, N., 2003. Identification of an active fault in the Japanese Alps from DEM-based hill shading. *Computers & Geosciences*, 29(7), pp.885-891.

Onorati, G., Ventura, R., Poscolieri, M., Chiarini, V. & Crucilla, U., 1992. The Digital Elevation Model of Italy for geomorphology and structural geology. *CATENA*, 19(2), pp.147-178.

Onosemuode, C., Adetimirin, O.I. & O, A.S., 2010. Hydrological Analysis of Onitsha North East Drainage Basin Using Geoinformatic Techniques. *World Applied Sciences Journal*, 11(10), pp.1297-1302.

Otto, J.-C., 2008. *Symbols for Geomorphologic mapping of high mountainsfor ArcGis*. [Online] Research Group Geomorphology, Paris Lodron University of Salzburg Available at: http://geomorphology.sbg.ac.at/research/map-symbols/ [Accessed 15 February 2019].

Otto, J.-C. & Dikau, R., 2004. Geomorphologic System Analysis of a High Mountain Valley in the Swiss Alps. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 48(3), pp.323-341.

Otto, J.-C., Gustavsson, M. & Geilhausen, M., 2011. Cartography: Design, Symbolisation and Visualisation of Geomorphological Maps (chapter 9). In M.J. Smith, P. Paron & J. Griffiths, eds. *Geomorphological Mapping, Volume 15: Methods and Applications (Developments in Earth Surface Processes)*. 1st ed. Elsevier. pp.253-295.

Palyvos, N., Bantekas, I. & Kranis, H., 2006. Transverse fault zones of subtle geomorphic signature in northern Evia island (central Greece extensional province):An introduction to the Quaternary Nileas graben. *Geomorphology*, 76, pp.363-374.

Palyvos, N., Bantekas, I., Livaditis, G., Mariolakos, I. & Sabot, V., 2002. Geomorphological evidence of ENE-WSW Pleistocene faulting across Northern Evia (Central Greece). *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συν. της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη, 3-6 Οκτ. 2002*, I, pp.279-286.

Panek, T., 2004. The use of morphometric parameters in tectonic geomorphology (on the example of the Western Beskydy Mts). *Geographica, Acta Universitatis Carolinae*, 1, pp.111-126.

Panizza, M., 1991. Geomorphology and seismic risk. *Earth-Science Reviews*, 31, pp.11-20.

Pantosti, D., Collier, R., D'Addezio, G., Masana, E. & Sakellariou, D., 1996. Direct geological evidence for prior earthquakes on the 1981 Corinth Fault (central Greece). *Geophysical Research Letters* , 23 (25), pp.3795-3798.

Pantosti, D., De Martini, P.M., Papanastassiou, D., Lemeille, F., Palyvos, N. & Stavrakakais, G., 2004. Paleoseismological trenching across the Atalanti fault (Central Greece): evidence for the ancestors of the 1894 earthquake during Middle Age and Roman time. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 94(2), pp.531-549.

Papanastassiou, D., J, L. & Stavrakakis, G., 2001. A revised catalogue of earthquakes in the broader area of Greece for the period 1950-2000. *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 9th International Congress of the Geological Society of Greece, Athens*, XXXIV(4), pp.1563-1566.

Papanastassiou, D., Stavrakakis, G. & Makaris, D., 2001. Recent Micro-Earthquake activity at Northern Evoikos Gulf, Central Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 9th Inernational Congress, Athens*, XXXIV(4), pp.1567-2572.

Papanikolaou, D., 1997. The tectonostratigraphic terranes of the Hellenides. *Ann. Geol. Pays Hell.*, 37, pp.495-514.

Papanikolaou, D., 2009. Timing of tectonic emplacement of the ophiolites and terrane paleogeography in the Hellenides. *Lithos*, 108, pp.262-280.

Papazachos, B.C., 1977. A lithospheric model to interpret focal properties of intermediate and shallow shocks in central Greece. *Pure and Applied Geophysics*, 115(3), pp.655-666.

Papazachos, B.C. & Comninakis, P.E., 1971. Geophysical and tectonic features of the Aegean Arc. *Journal of Geophysical Research*, 76, pp.8517-8533.

Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Karakaisis, G., Karakostas, B.G., Papaioannou, C., Papazachos, C.B. & Scordilis, E.M., 2000. A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999. *Publ. Geophys. Laboratory, University of Thessaloniki*, 1.

Papazachos, C.B. & Kiratzi, A.A., 1996. A detailed study of the active crustal deformation in the Aegean and surrounding area. *Tectonophysics*, 253, pp.129-153.

Papazachos, B.C. & Panagiotopoulos, D.G., 1993. Normal faults associated with volcanic activity and deep rupture zones in the southern aegean volcanic arc. *Bull. Geol. Soc. Greece*, XXVIII(3), pp.243-252.

Papazachos, B.C., Papaioannou, C.A., Margaris, B.N. & Theodulidis, N.P., 1993. Regionalization of seismic hazard in Greece based on seismic sources. *Natural Hazards*, 8(1), pp.1-18.

Papoulia, J., Makris, J. & Drakopoulou, V., 2006. Local seismic array observations at north Evoikos, central Greece, delineate crustal deformation between the North Aegean Trough and Corinthiakos Rift. *Tectonophysics*, 423, pp.97-106.

Parveen, R., Kumar, U. & Singh, V.K., 2012. Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand: A Remote Sensing & GIS Approach. *Journal of Water Resource and Protection*, 4, pp.1042-1050.

Pavlides, S., 1996. First palaeoseismological results from Greece. *Annals of Geophysics*, 39(3), pp.545-555.

Pavlides, S. & Caputo, R., 2004. Magnitude versus faults' surface parameters: quantitative relationships from the Aegean Region. *Tectonophysics*, 380, pp.159-188.

Pavlides, S., Caputo, R., Sboras, S., Chatzipetros, A., Papathanasiou, G. & Valkaniotis, S., 2010. The Greek Catalogue of Active Faults and Database of seismogenic sources. *Bulletin of the Geological Society of Greece,* 43(1), pp.486-494.

Pavlopoulos, K., Evelpidou, N. & Vassilopoulos, A., 2009. *Mapping Geomorphological Environments*. Berlin: Springer.

Pazzaglia, F.J., Gardner, T.W. & Merritts, D., 1998. Bedrock fluvial incision and longitudinal profile development over geologic time scales determined by fluvial terraces. *Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series*, 107, pp.207-235.

Pedrera, A., Pérez-Peña, J.V. & Galindo-Zaldívar, J., 2009. Testing the sensitivity of geomorphic indices in areas of low-rate active folding (eastern Betic Cordillera, Spain). *Geomorphology*, 105, pp.218-231.

Pellé, J.M., 2008. *Comission for the Geological Map of the World*. [Online] Available at: https://ccgm.org/img/cms/2013%20Chart%20CGMW%20color%20codes.pdf [Accessed 10 February 2019].

Pe-Piper, G. & Piper, D.J.W., 1994. Miocene magnesian andesites and dacites, Evia, Greece: adakites associated with subducting slab detachment and extension. *Lithos*, 31, pp.125-140.

Pérez Peña, J.V., 2009a. *GIS-Based tools and methods for landscape analysis and active tectonic evaluation*. Διδακτορική Διατριβή. Granada: Universidad de Granada, Departamento de Geodinámica.

Pérez-Peña, J.V., Azañón, J.M. & Azor, A., 2009b. CalHypso:An ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their statistical moments. Applications to drainage basin analysis in SE Spain. *Computers & Geosciences*, 35, pp.1214-1223.

Pérez-Peña, J.V., Azañón, J.M., Azor, A., Delgado, J.& González-Lodeiro, F., 2009c. Spatial analysis of stream power using GIS: SLk anomaly maps. *Earth surface processes and landforms*, 34, pp.16-25.

Pérez-Peña, J.V., Azor, A., Azañón, J.M. & Keller, E.A., 2010. Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. *Geomorphology*, 119, pp.74-87.

Perissoratis, C. & Conispoliatis, N., 2003. The impacts of sea-level changes during latest Pleistocene and Holocene times on the morphology of the Ionian and Aegean seas (SE Alpine Europe). *Marine Geology*, 196(3-4), pp.145-156.

Philip, H., 1974. *Etude néotectonique des rivages Egéens en Locride et Eubée nord-occidentale (Grèce)*. Thèse 3ème Cycle. Académie de Montpellier: Université des Sciences et Techniques du Languedoc.

Pike, R.J., 2000. Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis. *Progress in Physical Geography*, 24(1), pp.1-20.

Pike, R.J., 2002. A Bibliography of Terrain Modeling (Geomorphometry), The Quantitative Representation of Topography; Supplement 4.0: Open-File Report 02-465., 2002. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.

Pike, R.J., Evans, I. & Hengl, T., 2009. Geomorphometry: A Brief Guide. In T. Hengl & H.I. Reuter, eds. *Geomorphometry—Concepts, Software, Applications, Series Developments in Soil Science, Vol.33*. Amsterdam: Elsevier. pp.3-30.

Pike, R.J. & Wilson, S.E., 1971. Elevation-Relief Ratio, Hypsometric Integral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82(4), pp.1079-1084.

Pirazzoli, P.A., 2005. Marine erosion features and bioconstructions as indicators of tectonic movements, with special attention to the eastern Mediterranean area. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 137, pp.71-77.

Pirazzoli, P.A., 2007. Sea level studies—Geomorphological indicators. In S.A. Elias, ed. *Encyclopedia of Quaternary Science*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. pp.2974–2983.

Pirazzoli, P.A., Stiros, S., Laborel, J., Laborel-Deguen, F., Arnold, M., Papageorgiou, S & Morhangel, C., 1994. Late-Holocene shoreline changes related to palaeoseismic events in the Ionian Islands, Greece. *The Holocene*, 4(4), pp.397-405.

Pireas.meteoclub, 2018. *pireas.meteoclub.gr/live_data*. [Online] Available at: http://istiaia-weather.gr/ [Accessed 22 Δεκέμβριος 2018].

Popovic, A., 1996. Analyse morphostructurale sur un exemple de bloc basculé d'échelle crustale (l'île d' Eubée, Grèce) dans une région d' extension active (Grèce centrale). *Mémoire de DEA Géosciences Rennes, Tectonique*.

Posea, G., 1997. Suprafeţele şi nivelele de eroziune. *Revista de Geomorfologie*, I, pp.11-30.

Queiroz, G.L., Salamuni, E. & Nascimento, E.R., 2015. Knickpoint finder: A software tool that improves neotectonic analysis. *Computers & Geosciences*, 76, pp.80-87.

Quinn, P., Beven, K., Chevallier, P. & Planchon, O., 1991. The prediction of hillslope paths for distributed hydrological modeling using digital terrain models. *Hydrological Processes*, 5, pp.59-79.

Rădoane, M., Cristea, I., Dumitriu, D. & Perșoiu, I., 2017. Geomorphological Evolutionand Longitudinal Profiles. In M.-S.A. Rădoane, ed. *Landform Dynamics and Evolution in Romania*. Switzerland: Springer Geography. pp.427-442.

Raisz, E. & Henry, J., 1937. An Average Slope Map of Southern New England. *Geographical Review*, 27(3), pp.467-472.

Raj, J.K., 1983. Negative lineaments in the granitic bedrock areas of NW Peninsular Malaysia. *Geol. Soc. Malaysia Bulletin*, 16, pp.61-70.

Ramírez-Herrera, M.T., 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican Volcanic Belt. *Earth surface processes and landforms*, 23, pp.317-332.

Ratul, T., 2011. *PhD: Geomorphological study of the Jia Bharali river catchment, N.E. India*. Guwahati: Gauhati University, Department of Geological Sciences.

Reddy, G.P., Maji, A.K. & Gajbhiye, K.S., 2004. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India – a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6, pp.1-16.

Rekha, V.B., George, A.V. & Rita, M., 2011. Morphometric Analysis and Micro-watershed Prioritization of Peruvanthanam Sub-watershed, the Manimala River Basin, Kerala, South India. *Environmental Research, Engineering and Management*, 57(3), pp.6-14.

Resmi, M.R., Babeesh, C. & Achyutham, H., 2019. Quantitative analysis of the drainage and morphometric characteristics of the Palar River basin, Southern Peninsular India; using bAd calculator (bearing azimuth and drainage) and GIS. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(4), pp.295-307.

Roberts, S.C., 1988. *Active normal faulting in central Greece and western Turkey*. Ph.D. Cambridge, UK: Cambridge University.

Roberts, S. & Jackson, J., 1991. Active normal faulting in central Greece:an overview. In A.M. Roberts, G. Yielding & B. Freeman, eds. *The geometry of normal faults*. London: Geological Society Sp. Pub.56. pp.125-142.

Roche, M., 1963. *Hydrology de Surface*. Paris: Gauthier-Villars, Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer.

Rockwell, T.K., Keller, E.A. & Johnson, D.L., 1984. Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California. In M. Morisawa & T.J. Hack, eds. *Tectonic Geomorphology.Publ. in Geomorphology*. Binghamton: State University of New York. pp.183-207.

Rondoyianni-Tsiambaou, T., 1984. *Etude néotectonique des rivages occidentaux du Canal d'Atalanti (Grèce centrale)*. Thèse 3ème Cycle. Paris: Université de Paris Sud (Orsay).

Roumelioti, Z. & Kiratzi, A., 2010. Moderate Magnitude Earthquake Sequences in Central Greece (for the year 2008). *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 12th International Congress, Patras*, XLIII(4), pp.2144-2153.

Rozos, D., Bathrellos, D.G. & Skilodimou, D.H., 2010. Landslide susceptibility mapping of the northeastern part of Achaia Prefecture using Analytical Hierarchical Process and GIS techniques. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XLIII(3), pp.1637-1646.

Rozos, D., Skilodimou, H.D., Loupasakis, C. & Bathrellos, G.D., 2013. Application of the revised universal soil loss equation model on landslide prevention. An example from N. Euboea (Evia) Island, Greece. *Environ Earth Sci*, 70, pp.3255-3266.

Rust, D. & Kershaw, S., 2000. Holocene tectonic uplift patterns in northeastern Sicily : evidence from marine notches in coastal outcrops. *Marine Geology*, 167(1), pp.105-126.

Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Fodor, L., Horváth, E. & Telbisz, T., 2009. Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: A DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. *Geomorphology*, 104, pp.203-217.

Saaty, T.L., 1980. *The Analystic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: Mcgraw-hill.

Saaty, T.L. & Vargas, L., 1991. *Prediction, Projection and Forecasting*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Sajadi, P., Singh, A., Mukherjee, S. & Chapi, K., 2019. Influence of structural lineaments on drainage morphometry in Qorveh-Dehgolan basin, Kurdistan, Iran. *Geocarto International,* 35(15), pp.1722-1749.

Sakellariou, D., Rousakis, G., Kaberi, H., Kapsimalis, V., Georgiou, P., Kanellopoulos, T. & Lykousis, V., 2007. Tectono-sedimentary structure and late quaternary evolution of the north Evia gulf basin, Central Greece: preliminary results. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXVII(1), pp.451-462.

Samal, D.R., Gedam, S.S. & Nagarajan, R., 2015. GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western Ghats region, Maharashtra, India. *Geocarto International*, 30(7), pp.755-778.

Sanches, A.L., Pamplona, E.O. & Montevechi, J.A.B., 2005. Capital Budgeting Using Triangular Fuzzy Numbers. *Proceedings of the V Encuentro International de Finanzas, Santiago, Chile, 19 a 21 de janeiro*, pp.1-17.

Sarp, G., Geçen, R., Toprak, V. & Duzgun, S., 2011. Morphotectonic properties of Yeniçağa basin area in Turkey. *METU, Geodetic and Geographic Information Technologies, Ankara*, p.5.

Sboras, S., Ganas, A. & Pavlides, S., 2010. Morphotectonic analysis of the Neotectonic and Active Faults of Beotia (Central Greece), using G.I.S. techniques. *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 12th International Con-gress, Patras*, 43(3), pp.1607-1618.

Scheidegger, A.E., 2004. *Morphotectonics*. Berlin: Springer.

Scholz, C.H. & Gupta, A., 200. Fault interactions and seismic hazard. *Journal of Geodynamics*, 29, pp.459-467.

Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes badlands at Perth Amboy. *Geological Society of America Bulletin*, 67, pp.597-646.

Schumm, S.A., 1986. Alluvial river response to active tectonics. In N.R. Coucil, ed. *Studies in geophysics, Active tectonics*. Washington,: National Academy Press. pp.80-94.

Schumm, S.A., 1997. Drainage density:Problems of prediction and application. In D.R. Stoddart, ed. *Process and form in geomorphology*. New York: Routledge. pp.15-46.

Schwartz, D.P. & Coppersmith, K.J., 1986. Seismic Hazards: New Trends in Analysis Using Geologic Data. In Geophysics Study Committee, ed. *Active Tectonics : Impact on society*. Washington, D.C.: National Academy Press. pp.215-230.

Seeber, L. & Gornitz, V., 1983. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics*, 92(4), pp.335-367.

Segura, F.S., Pardo-Pascual, J.E., Rosselló, V.M., Fornós, J.J. & Gelabert, B., 2007. Morphometric indices as indicators of tectonic, fluvial and karst processes in calcareous drainage basins, South Menorca Island, Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, pp.1928-1246.

Sharma, S., 1996. *Applied Multivariate Techniques*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Sharma, S.A., 2014. Application of TecDEM in morphometric studies of Imphal River. *American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics*, 7(3), pp.238-243.

Shary, P.A., Sharaya, L.S. & Mitusov, A.V., 2002. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma*, 107, pp.1-32.

Shreve, R.L., 1967. Infinite Topologically Random Channel Networks. *The Journal of Geology*, 75(2), pp.178-186.

Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C. & Bardají, T., 2003. Fault-generated mountain fronts in southeast Spain:geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology*, 50, pp.203-225.

Singh, P.K., 2012. *PhD: Geomorphic evolution and neotectonism along Kachchhmainland fault, Northern hill range, Kachchh, Gujarat*. Gujarat: The Maharaja Sayajirao University of Baroda.

Singh, V.P. & Singh, R.P., 2005. Changes in stress pattern around epicentral region of Bhuj earthquake of 26 January 2001. *Geophysical Research Letters*, 32(L24309).

Slemmons, D.B. & Depolo, C.M., 1986. Evaluation of Active Faulting and Associated Hazards. In Geophysics Study Committee, ed. *Active Tectonics: Impact on Society*. Washington, D.C.: National Academy Press. pp.45-62.

Smith, K.G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography. *American journal of sciences*, 248, pp.655-668.

Snyder, N.P., Whipple, K.X., Tucker, G.E. & Merritts, D.J., 2000. Landscape response to tectonic forcing: Digital elevation model analysis of stream profiles in the Mendocino triple junction region, northern California. *GSA Bulletin*, 112(8), pp.1250-1263.

Sougnez, N. & Vanacker, V., 2011. The topographic signature of Quaternary tectonic uplift in the Ardennes massif (Western Europe). *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, pp.1095-1107.

Sreedevi, P.D., Owais, S., Khan, H.H. & Ahmed, S., 2009. Morphometric Analysis of a Watershed of South India Using SRTM Data and GIS. *Journal of Geological Society of India*, 73, pp.543-552.

Stiros, S.C., Arnold, M., Pirazolli, P.A., Laborel, J., Laborel, F. & Papageorgiou, S., 1992. Historical cosesmic uplift on Euboea island, Greece. *Earth and Planetary Science Letters*, 108, pp.109-117.

Stout, J.C. & Belmon, P., 2014. TerEx Toolbox for semi-automated selection of fluvial terrace and floodplain features from lidar. *Earth Surf. Process. Landforms*, 39(5), pp.569-580.

Strahler, A.N., 1952. Hyprosmetric (area-altitude) analysis of erosional topography. *The Geological Society of America Bulletin*, 63(11), pp.1117-1142.

Strahler, A.N., 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, 38(6), pp.913-920.

Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In V.T. Chow, ed. *Handbook of Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill. pp.4/39-76.

Strahler, A.H. & Strahler, A.N., 1992. *Modern physical geography*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Strak, V., Dominguez, S., Petit, C., Meyer, B. & Loget, N., 2011. Interaction between normal fault slip and erosion on relief evolution: Insights from experimental modelling. *Tectonophysics*, 513, pp.1-19.

Strobl, J., 2008. Segmentation-based Terrain Classification. In Q. Zhou, B. Lees & G. Tang, eds. *Advances in Digital Terrain Analysis*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. pp.125-141.

Summerfield, M.A., 1991. *Global geomorphology*. Harlow: Longman.

Tagil, S. & Jenness, J., 2008. GIS-Based Automated Landform Classification and Topographic Landcover and Geologic Attributes of Landforms Around the Yazoren Polje, Turkey. *Journal of Applied Sciences* , 8(6), pp.910-921.

Talling, P.J. & Sowter, M.J., 1999. Drainage density on progressively tilted surfaces with different gradients, Wheeler Ridge, California. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, pp.809-824.

Tchoukanski, I., 2016. *ET SpatialTechniques*. [Online] Available at: http://www.et-st.com/et_surface/userguide/etsurface_UserGuide.htm [Accessed 2 June 2017].

Thakurdesai, S.C. & Pise, S.K., 2016. A Study of Relief and Slope of Upper Kundalika River Basin, Raigad, Maharashtra. *International Journal of Interdisciplinary Research in Science Society and Culture(IJIRSSC)*, 2(1), pp.391-99. ISSN: (P) 2395-4345, (O) 2455-2909.

Thomas, D.S.G. & Goudie, A., 2000. *The dictionary of Physical Geography*. Great Britain : Blackwell Publishers Ltd.

Toudeshki, V.H. & Arian, M., 2011. Morphotectonic Analysis in the Ghezel Ozan River Basin, NW Iran. *Journal of Geography and Geology*, 3(1), pp.258-265.

Toudeshki, V.H. & Arian, M., 2011. Morphotectonic Analysis in the Ghezel Ozan River Basin, NW Iran. *Journal of Geography and Geology*, 3(1), pp.1-21.

Troiani, F. & Della Seta, M., 2008. The use of the Stream Length–Gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: A case study from Central Italy. *Geomorphology*, 102, pp.159–168.

Tselentis, G.A. & Danciu, L., 2010. Probabilistic seismic hazard assessment in Greece – Part 1: Engineering ground motion parameters. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, pp.25-39.

Tsimi, C. & Ganas, A., 2015. Using the ASTER global DEM to derive empirical relationships among triangular facet slope, facet height and slip rates along active normal faults. *Geomorphology*, 234, pp.171-181.

Tsimi, C., Ganas, A., Ferrier, G., Drakatos, G., Pope, R.J. & Fassoulas, C., 2007a. Morphotectonics of the Sfakia normal fault, southwestern Crete. *Proceedings of 8th Pan-Hellenic Geographical Conference of the Greek Geographical Society, Athens, Greece*, 1, pp.180-188.

Tsimi, C., Ganas, A., Soulakellis, N., Kairis, O. & Valmis, S., 2007b. Morphotectonics of the Psathopyrgos active fault, western Corinth rift, central Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 40, pp.500-511.

Tsimplis, M.N., 1994. Tidal oscillations in the Aegean and Ionian Seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 39, pp.201-208.

Tsimplis, M.N., 1997. Tides and Sea-level Variability at the Strait of Euripus. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44, pp.91-101.

Tsodoulos, I. M., Koukouvelas, I. K. & Pavlides, S., 2008. Tectonic geomorphology of the easternmost extension of theGulf of Corinth (Beotia, Central Greece). *Tectonophysics*, 453, pp. 211-232.

UNISDR, 2015. *Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disaster*. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR).

USGS, 2017. *USGS, Science for a changing world*. [Online] Earthquake Hazards Program Available at: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/ [Accessed 21 May 2018].

Valkanou, K., Karymbalis, E., Papanastassiou, D., Gaki-Papanastassiou, K. & Giles, P., 2013. Analysis of relationships among coastal alluvial fans and their contributing catchments in North Evoikos Gulf (Central Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XLVII(1), pp.344-355.

Valkanou, K., Karymbalis, E., Papanastassiou, D., Soldati, M., Chalkias, C. & Gaki-Papanastassiou, K., 2020. Morphometric Analysis for the Assessment of Relative Tectonic Activity in Evia Island, Greece. *Geosciences*, 10(7), p.264.

Vandana, M., 2013. Morphometric analysis and watershed prioritisation: a case study of Kabani river basin, Wayanad district, Kerala, India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 42(2), pp.211-222.

Vassilakis, E., Skourtsos, E. & Kranis, H., 2007. Tectonic uplift rate estimation with the quantification of morphometric indices. In Proceedings of the 8th Panhellenic Geographical Congress, Athens, Greece, 4–7 October 2007. pp. 17-26.

Vassilakis, E. & Papadopoulou-Vrynioti, K., 2014. Quantification of Deltaic Coastal Zone Change Based on Multi-Temporal High Resolution Earth Observation Techniques. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3, pp.18-28.

Vedder, R.G., 1978. *Ancient Euboea: Studies in the History of a Greek island from the Earliest times to 404 B.C*. Doctor of Philosophy: Faculty of the Department of History, University of Arizona.

Verrios, S., Zygouri, V. & Kokkalas, S., 2004. Morphotectonic analysis in the Eliki fault zone (Gulf of Corinth, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXVI (4), pp.1706-1715.

Veselský, M., Bandura, P., Burian, L., Harciníková, T. & Bella, P., 2015. Semi-automated recognition of planation surfaces and other flat landforms: a case study from the Aggtelek Karst, Hungary. *Open Geosciences*, 1, pp.799-811.

Viveen, W., van Balen, R.T., Schoorl, J.M., Veldkamp, A., Temme, A.J.A.M. & Vidal-Romani, J.R., 2012. Assessment of recent tectonic activity on the NW Iberian Atlantic Margin by means of geomorphic indices and field studies of the Lower Miño River terraces. *Tectonophysics* , 544-545, pp.13-30.

Wade, J. & Brucker, M., 2014. *Concavity Index (ϑ) for Stream Channels*. [Online] Available at: http://gis4geomorphology.com/concavity-soon/ [Accessed 7 September 2017].

Wang, A., Wang, G., Zhang, K., Xiang, S., Li, D.& Liu, D, 2009. Late Neogene mountain building of eastern Kunlun orogen: Constrained by DEM analysis. *Journal of Earth Science*, 20(2), pp.391–400.

Weiss, A.D., 2001. *Topographic Position and Landforms Analysis*. San Diego, CA: Poster Presentaion, ESRI User Conference.

Wells, S.G., Bullard, T.F., Menges, C.M., Drake, P.G., Karas, P.A., Kelson, K.I., Ritter, J.B. & Wesling, J.R., 1988. Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary pacific coast of Costa Rica. *Geomorphology*, 1(3), pp.239-265.

Wells, D.L. & Coppersmith, K.J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(4), pp.974-1002.

Wesson, R.L., Helley, E.J., Lajoie, K.R. & Wentworth, C.M., 1975. Faults and Future Earthquakes. In R.D. Bocherdt, ed. *Studies for Seismic Zonation of the San Francisco Bay Region*. USGS Professional Paper 941-A. pp.A5-A30.

Whipple, K.X., DiBiase, R.A. & Crosby, B.T., 2013. Bedrock rivers. In J.i.C. Shroder & E.(.). Wohl, eds. *Treatise on Geomorphology*. San Diego, CA, vol 9, Fluvial Geomorphology: Academic Press. pp.550-573.

Wilson, J.P. & Bishop, M.P., 2013. Geomorphometry. In J. Shroder, (Editor-in-chief), M.P. Bishop & (Volume-Editor), eds. *Treatise on Geomorphology, Vol 3, Remote Sensing and GIScience in Geomorphology*. San Diego: Academic Press. pp.162-186.

Wilson, J.P. & Deng, Y., 2008. Terrain Analysis. In K.K. Kemp, ed. *Encyclopedia of Geographic Information Science*. Thousand Oaks: SAGE Publications. pp.465-467.

Wobus, C., Whipple, K.X., Kirby, E., Snyder, N., Johnson, J., Spyropolou, K., Crosby, B. & Sheehan, D., 2006. Tectonics from topography: Procedures, promise, and pitfalls. In S.D. Willett, N. Hovius, M.T. Brandon & D.M. Fisher, eds. *Tectonics, Climate, and Landscape Evolution*. Geological Society of America Special Paper 398, Penrose Conference Series. pp.55-74.

Wyatt, A.R., 1993. Continental size, eustasy and sediment yield. *Geologische Rundschau*, 82(2), pp.185-188.

Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), pp.338-353.

Zaprowski, B.J., Pazzaglia, F.J. & Evenson, E.B., 2005. Climatic influences on profile concavity and river incision. *Journal of Geophysical Research*, 110(F03004).

Zăvoianu, I., 1985. *Morphometry of drainage basins. Developments in water science*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier.

Zhang, L. & Guilbert, E., 2013. Automatic Drainage Pattern Recognition in River Networks. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(12), pp.2319-2342.

Zhang, H.P., Liu, S-F., Yang, N., Zhang, Y-Q. & Zhang, G-W., 2006. Geomorphic characteristics of the Minjiang drainage basin (eastern Tibetan Plateau) and its tectonic implications: New insights from a digital elevation model study. *Island Arc*, 15 (2), pp.239-250.

Zhou, X., 2012. Fuzzy analytical network process implementation with matlab. In V.N. Katsikis, ed. *MATLAB-A Fundamental Tool for Scientific Computing and Engineering Applications-Volume 3*. Rijeka, Croatia: InTech. pp.133-160.

Zovoili, E., Konstantinidi, E. & Koukouvelas, I.K., 2004. Tectonic geomorphology of escarpments: the cases of Kompotades and Nea Anchialos faults. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 36, pp.1716-1725.

Zygouri, V., Verroios, S., Anninou, A. & Koukouvelas, I., 2018. Fuzzy cognitive mapping vs. statistic approach of geomorphological analysis of active faults: Preliminary results from a case study within the Corinth Graben, Greece. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), pp.372-377.

Ελληνόγλωσση

Αντωνίου, Μ., Γαλανοπούλου, Σ., Λυκούδη, Ε. & Φυτρολάκης, Ν., 2004. Η κατολίσθηση στην Αγ. Άννα της Β. Εύβοιας. *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Πρακτικά 10°'' Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη Απρίλιος 2004* , XXXVI, pp.1728-1734.

Βαλκάνου Κ., Καρύμπαλης Ε., Παπαναστασίου Δ., Soldati Μ., Χαλκιάς Χ. & Γάκη-Παπαναστασίου Κ., 2014. Η επίδραση της τεκτονικής στα ποτάμια συστήματα της βόρειας. *Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη*, pp.1408-1422.

Βασιλάκης, Ε.Μ., 2006. *Μελέτη της τεκτονικής δομής της λεκάνης Μεσσαράς, κεντρικής Κρήτης με τη βοήθεια τεχνικών τηλεπισκόπησης και συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών*. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.

Βουτσής, Ν.-Ν.Ι., 2011. *Διδακτορική διατριβή "Ρυθμοί αποσάθρωσης υπερβασικών πετρωμάτων της νήσου Εύβοιας και έλεγχοι επί της χημικής σύστασης των υπογείων και επιφανειακών νερών"*. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα: Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Οικονομικής Γωλογίας και Γεωχημείας Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Γαϊτάνη, Π., Σακελλαρίου, Δ., Γεραγά, Μ. & Παπαθεοδώρου, Γ., 2009. Μελέτη της Παλαιογεωγραφικής και παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου στη

διάρκεια του άνω Τεταρτογενούς. *9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας 2009 - Πρακτικά*, Ι, pp.67-72.

Γαλανάκης, Δ.Ν., 1997. *Νεοτεκτονική δομή και στρωματογραφία των Νεογενών - Τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης Αλμυρού-Παγασητικού, Πηλίου, Διαύλου Ωρεών-Τρικερίου και Μαλιακού*. Διδακτορική Διατριβή. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γαλανάκης, Δ., Παυλίδης, Σ.Β. & Μουντράκης, Δ.Μ., 1998. Πρόσφατη ρηξιγενής τεκτονική του Αλμυρού - Παγασητικού - Μαλιακού Βόρειας Εύβοιας και Πηλίου. *Δελτίο της Ελληνκής Γεωλογικής Εταιρείας, Πρακτικά 8ου Διεθνούς Συνεδρίου, Πάτρα*, 32(1), pp.263-273.

Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Ε.Α.Α., 2018. *Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών*. [Online] Available at: http://www.gein.noa.gr/el/seismikotita/katalogoi-seismwn [Accessed 21 Μαΐου 2018].

Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Ε.Α.Α., 2018. *Παρακολούθηση της σεισμικότητας σε πραγματικό χρόνο τις τελευταίες 48 ώρες (αυτόματες λύσεις)*. [Online] Available at: http://www.gein.noa.gr/el/ [Accessed 10 Ιούνιος 2018].

Δάνδολος, Η. & Ζοράπας, Β., 2010. Καταγραφή και Αποτίμηση των Υδρογεωλογικών Χαρακτήρων των Υπόγειων Νερών και Υδροφόρων Συστημάτων της Χώρας, Υδατικό Διαμέρισμα Αν. Στερεάς Ελλάδας (07). *ΙΓΜΕ, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Διεύθυνση Υδρογεωλογίας (Ε.Π.ΑΝ.)*, Υποέργο : 7.3.2.1.11.

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Γ.Ι., 2017. *Βάση δεδομένων ρηγμάτων Ελληνικού χώρου*. [Online] Available at: http://194.177.194.115/panearth/noafaultsv2.html [Accessed 2 Μαρτιος 2017].

Ειδική γραμματεία υδάτων, 2012. *Σχέδιο διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Α Φάση Παραδοτέο 5: Χαρακτηρισμός και Τυπολογία Επιφανειακών Υδατικών Συστημάτων*. Αθήνα: Ελληνική Δημοκρατία, ΥΠΕΚΑ/ΕΓΥ.

Ηλιοπούλου, Π., 2015. *Γεωγραφική Ανάλυση*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Available at: http://hdl.handle.net/11419/2059.

ΙΓΜΕ, 1989. *Σεισμοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:50000*.

Κανελλόπουλος, Χ., 2011. *Γεωχημική έρευνα της κατανομής μεταλλικών και άλλων στοιχείων στα υπόγεια ψυχρά και θερμά νερά, το έδαφος και τα φυτά των περιοχών του Ν.Φθιώτιδαςτκαι της Β. Εύβοιας. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.* Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα :

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Σχολή Θετικών Επιστημών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Καρύμπαλης, Ε.Θ., 2010. *Παράκτια Γεωμορφολογία*. Αθήνα: Ίων.

Κουσουρής, Θ.Σ., 2014. *Οι Λίμνες στην Ελλάδα*. Αθήνα: 5/6 Στερεά Ελλάδα, Εύβοια, Πελοπόννησος, "Λιμνών Καταγραφές & Μαρτυρίες".

Λεοντάρης, Σ. & Γκουρνέλλος, Θ., 1991. Παρατηρήσεις στην εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου της νήσου Εύβοιας σε σχέση με τη γεωλογική της δομή. *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Πρακτικά 5ου Επιστημονικού Συνεδρίου Θεσσαλονίκη, Μάιος 1990*, XXV(4), pp.25-38.

Λεοντάρης, Σ. & Δελήμπασης, Ν., 1987. Κατακόρυφες κινήσεις της νήσου Εύβοιας με βάση γεωμορφολογικές και σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις. *1ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο (Αθήνα, 20-22 Φεβρουαρίου 1987)*, 2, pp.68-100.

Μαριολάκος, Η. & Φουντούλης, Ι., 2001. *Σημειώσεις Νεοτεκτονικής*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μαρουκιάν, Χ., Παπαναστασίου, Δ. & Γάκη-Παπαναστασίου, Κ., 1995. Γεωμορφολογική και Σεισμοτεκτονική μελέτη στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Βουλιαγμένης, Χερσόνησος της Περαχώρας. *Πρακτικά του 4ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας*, pp.162-75.

Μέττος, Α.Ι., 1992. *Γεωλογική και Παλαιογεωγραφική μελέτη των ηπειρωτικών Νεογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών της ΒΑ/κης Αττικής και Να/κης Βοιωτίας*. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών.

Μέττος, Α., Ροντογιάννη, Θ., Παπαδάκης, Γ., Πάσχος, Π. & Γεωργίου Χ., 1991. Νέα δεδομένα στη γεωλογία των νεογενών αποθέσεων της βόρειας Ευβοιας. *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Πρακτικά 5ου Επιστημονικού συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Μάιος 1990*, 25(3), pp.71-83.

Μουντράκης, Δ.Μ., 1985. *Γεωλογία της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Μουντράκης, Δ., 1988. *Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη του Ευρύτερου Ελληνικού Χώρου*. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Εκδόσεων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Νομικού, Π., Αλεξανδρή, Μ., Μπάλλας, Δ. & Παπούλια, Ι., 2006. Μορφολογική ανάλυση Βόρειου Ευβοϊκού Κόλπου. *8ο Πανελλήνιο Συμποσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, pp.679-682.

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, Ο.Α.Σ.Π., 2000/2003. *Ελληνικος Αντισεισμικός Κανονισμός 2000, όπως τροποποιήθηκε από το ΦΕΚ 1154, 2003*. Αθήνα: ΟΑΣΠ, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας.

Παπαγιανοπούλου, Α.Γ., 1971. *Τα ηφαιστειακά πετρώματα της περιοχής Χρονίων Εύβοιας*. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα: Φυσικομαθηματική Σχολή του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Παπαδόπουλος, Γ.Α., 1982. *Συμβολή στη μελέτης της ενεργού τεκτονικής βάθους του ευρύτερου χώρου του Αιγαίου, Διδακτορική διατριβή*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Παπαδόπουλος, Α.Γ., Χαλκιάς, Χ. & Φάκα, Α., 2016. Η επανεξέταση της Ελληνικής υπαίθρου μέσα από δυναμική μεθοδολογική προσέγγιση και την αξιοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. *Επιθεώρηση κοινωνικών ερευνών*, 125(Α), pp.99-129.

Παπαζάχος, Β., 1995. *Εισαγωγή στη Γεωφυσική*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.

Παπαζάχος, Β. & Παπαζάχου, Κ., 1999. *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.

Παπαναστασίου, Δ. & Γάκη-Παπαναστασίου, Κ., 1993. Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στην περιοχή Κεχριών - Αρχαίας Κορίνθου και συσχέτισή τους με σεισμολογικά δεδομένα. *Πρακτικά του 3ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας*, Β, pp.210-223.

Παπανικολάου, Δ. & Λόζιος, Σ., 2015. *Εθνικόν και Καποδιστριακόν ΠανεπιστήμιονΑθηνών, «Τεκτονική Γεωλογία. Ενότητα 2: Ρήγματα»*. [Online] Available at: http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL4 [Accessed 15 Σεπτέμβριος 2017].

Παπανικολάου, Δ., Μακρής, Ι., Σταυρακάκης, Γ., Παπούλια, Ι., Σακελλαρίου, Δ., Σαχπάζη, Μ. & Wodtke, D., 1997. Ανεύρεση λεπτού ηπειρωτικού φλοιού στο υποθαλάσσιο τμήμα της λεκάνης του Βορείου Ευβοϊκού, Κεντρική Ελλάδα. *Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.*, Ι, pp.427-430.

Παυλίδης, Σ.Β., 2003. *Γεωλογία των σεισμών*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Παυλίδης, Σ., 2008. Ασθενείς ρηξιγενείς ζώνες του Αιγαίου για ένα σταθερό φλοιό. *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, 5–7 Νοεμβρίου 2008*, Άρθρο 1826, pp.1-17.

Παυλόπουλος, Κ., Αντωνιάδης, Κ. & Καρύμπαλης, Ε., 2002. Γεωπεριβαλλοντικά προβλήματα του υγροτόπου ¨Λιβάδι¨ (Περιοχή Ψαχνών Ν. Ευβοίας). *Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, ΙΙ, pp.461-468.

Πετρίδης, Δ., 2015. *Ανάλυση πολυμεταβλητών τεχνικών*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Available at: http://hdl.handle.net/11419/2126.

Πραμαγγιούλης, Π., 2008. *Οδηγός ανάλυσης δεδομένων με τη χρήση SPSS*. Αθήνα: Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Στατιστικής.

Σακελλαρίου Δ., Καψιμάλης Β., Ρουσάκης Γ., Γεωργίου Π., Καμπέρη Ε., Κανελλόπουλος Θ., Λυκούσης Β. & Παπούλια Ι., 2006. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Βόρειου Ευβοϊκού Κόλπου στο Ανώτατο Τεταρτογενές. *8ο Πανελλήνιο Συμποσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, pp.745-49.

Σιδέρης, Χ.Ι., 1986. *Συμβολή στη γνώση της Γεωδυναμικής Εξέλιξης κατά το Περμοτριαδικό στο χώρο της Ανατολικής Ελλάδας*. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής-Τεκτονικής-Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.

Σιδέρης, Χ.Ι., 1991. Οι Περμοτριαδικές ακολουθίες του Πτελεού (Ανατ. Ορθρυς) και των Γιάλτρων (Β. Εύβοια) : Στρωματογραφική διάρθρωση- Δομή- Γεωτεκτονική Θέση και Συσχετισμοί). *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Πρακτικά 5ου Επιστημονικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Μάιος 1990*, 25, pp.171-85.

Συγγρός, Ι., 2004. Μετασχηματισμοί Συντεταγμένων των Γεωγραφικών Δεδομένων στον Ελληνικό Χώρο. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (HellasGI)* .

Τσόδουλος, Ι.Μ., 2009. *Ενεργός Τεκτονική της ΝΑ Στερεάς Ελλάδας*. Διδακτορική Διατριβή. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.

Φουντούλης, Ι., Μαυρούλης, Σ. & Θεοχάρης, Δ., 2007. Μορφοτεκτονική μελέτη και εφαρμογή μορφομετρικών δεικτών στην περιοχη Λευκοχωρίου – Οχθίων (Κεντροδυτική Πελοπόννησος). *Τόμος Περιλήψεων, Πρακτικά 8ου Συνέδριου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρίας*, pp.19-28.

Φυτρολάκης, Ν., Αλεξούλη-Λειβαδίτη, Α., Λειβαδίτης, Γ. & Κυρούσης, Ι., 1988. Γεωμορφολογική έρευνα και παρατηρήσεις σχετικές με την υδροφορία και τη μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών στη λεκάνη των ποταμών Κηρέα και Νηλέα (Β.Α. Εύβοια). *Δελτίο Ελληνική Γεωλογικής Εταιρείας, Πρακτικά 3ου Συνεδρίου, Μάιος 1986*, ΧΧ(3), pp.115-132.

Χαλκιάς, Χ., 2006. *Όροι και έννοιες επιστήμης γεωγραφικών πληροφοριών*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.

Χαλκιάς, Χ., 2015. *Γεωγραφική Ανάλυση με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Χατζηπέτρος, Α., 1998. *Διδακτορική Διατριβή : Παλαιοσεισμολογική-Μορφοτεκτονική μελέτη και μηχανική συμπεριφορά των συστημάτων ενεργών διαρρήξεων Μυγδονίας, Ανατολικής Χαλκιδικής, Κοζάνης - Γρεβενών*. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

WWF Ελλάς (α), 2013. *Απογραφικό δελτίο: EUB064 - Εκβολή ρύακα Μεσάπιου. GrIsWet - Βάση δεδομένων για τους νησιωτικούς υγρότοπους της Ελλάδας*. [Online] Available at: http://www.oikoskopio.gr/ygrotopio/general/report.php?id=133&param=themeleiwdn&wetland_lang=el_GR [Accessed 17 Δεκέμβριος 2018].

WWF Ελλάς (β), 2013. *Απογραφικό δελτίο: EUB003 - Έλος Ψαχνών ή Κολοβρέχτης. GrIsWet - Βάση δεδομένων για τους νησιωτικούς υγρότοπους της Ελλάδας.* [Online] Available at: http://www.oikoskopio.gr/ygrotopio/general/report.php?id=75&param=themeleiwdn&wetland_lang=el_GR [Accessed 12 Δεκέμβριος 2018].

WWF Ελλάς (γ), 2013. *Απογραφικό δελτίο: EUB016 - Έλος Βάλτος (Αλμυρόρεμα). GrIsWet - Βάση δεδομένων για τους νησιωτικούς υγρότοπους της Ελλάδας.* [Online] Available at: http://www.oikoskopio.gr/ygrotopio/general/report.php?id=86&param=themeleiwdn&wetland_lang=el_GR [Accessed 17 Δεκέμβριος 2018].

WWF Ελλάς (δ), 2013. *Απογραφικό δελτίο: EUB001 - Λιμνοθάλασσα Μεγάλο Λιβάρι. GrIsWet - Βάση δεδομένων για τους νησιωτικούς υγρότοπους της Ελλάδας.* [Online] Available at: http://www.oikoskopio.gr/ygrotopio/general/report.php?id=73&param=leptomern&lang=el_GR [Accessed 17 Δεκέμβριος 2018].

WWF Ελλάς (ε), 2013. *Απογραφικό δελτίο: EUB008 - Λιμνοθάλασσα Μικρό Λιβάρι. GrIsWet - Βάση δεδομένων για τους νησιωτικούς υγρότοπους της Ελλάδας*. [Online] Available at: http://www.oikoskopio.gr/ygrotopio/general/report.php?id=78&param=themeleiwdn&wetland_lang=el_GR [Accessed 17 Δεκέμβριος 2018].

Γλωσσάρι

Α/Α	Αγγλικός πρωτότυπος όρος	Ελληνικός μεταφρασμένος όρος
1	Abrasion platform	Πάγκος απόξεσης
2	Accommodation zone	Ζώνη προσαρμογής
3	Active fault	Ενεργό ρήγμα
4	Active front	Ενεργό μέτωπο
5	Adjustment or offset of drainage network	Προσαρμογή ή μετατόπιση υδρογραφικού δικτύου
6	Aggradation	Απόθεση/πρόσχωση
7	Alluvial valley	Αλλουβιακή κοιλάδα
8	Alluvial cone	Αλλουβιακός κώνος
9	Alluvial fan	Αλλουβιακό ριπίδιο
10	Aspect	Προσανατολισμός κλίσεων
11	Asymmetry factor	Δείκτης ασυμμετρίας
12	Back-tilted - backslope	Στρέψη ως προς τα κύρια ρήγματα
13	Backtilted dip slope	Ήπιας κλίσης κεκλιμένη ζώνη
14	Barrier	Φράγμα
15	Basin shape	Δείκτης σχήματος λεκάνης απορροής
16	Beachrock	Ψηφιδοπαγής αιγιαλός ή ακτόλιθος
17	Beheaded	Αποκομμένος- απομόνωση κλάδων
18	Bifurcation ratio	Λόγος διακλάδωσης
19	Braided stream	Χείμαρρος με διακλαδιζόμενες κοίτες
20	Break slopes	Αλλαγή στη μορφολογική κλίση
21	Canyon	Φαράγγι
22	Cataclasite	Κατακλαστικό πέτρωμα
23	Circularity ratio	Λόγος κυκλικότητας
24	Coastal deposit	Παράκτια απόθεση
25	Coastal sand dunes	Παράκτιες αμμώδεις θίνες
26	Composite indicator	Σύνθετος δείκτης
27	Compound topographic index	Σύνθετος τοπογραφικός δείκτης
28	Concave up	Κοίλο προφίλ
29	Consistency ratio	Λόγος συνέπειας
30	Convexity	Καμπυλότητα
31	Crest	Άνω μέρος πρανούς
32	Crestline	Κορυφογραμμή
33	Curve extraction steps	Βήματα εξαγωγής καμπύλης
34	Debris flow	Ροή κορημάτων
35	Debris slope/colluvial wedge	Κολλουβιακή σφήνα
36	Decision matrix	Πίνακας αποφάσεων
37	Deflection	Εκτροπή

Α/Α	Αγγλικός πρωτότυπος όρος	Ελληνικός μεταφρασμένος όρος
38	Deformation	Παραμόρφωση
39	Degradation	Ταπείνωση μορφολογικής επιφάνειας με διάβρωση και αποκομιδή
40	Deltaic plain	Δελταϊκή πεδιάδα
41	Digital elevation model	Ψηφιακό μοντέλο εδάφους
42	Digital terrain analysis	Ψηφιακή ανάλυση αναγλύφου
43	Digital terrain modelling	Ψηφιακή μοντελοποίηση αναγλύφου
44	Dipping	Βύθιση
45	Discharge	Απορροή
46	Discontinuity	Ασυνέχεια
47	Discordant drainage	Ασύμφωνη αποστράγγιση
48	Disequilibria	Συνθήκες μη ισορροπίας
49	Dissected ridge	Μετατοπισμένη κορυφογραμμή
50	Downcutting	Κατά βάθος διάβρωση
51	Downslope	Κατάντη
52	Drainage basin	Λεκάνη απορροής
53	Drainage density	Υδρογραφική πυκνότητα
54	Earth surface modelling	Μοντελοποίηση γήινης επιφάνειας
55	Edge detection	Ανίχνευση ακμών
56	Elbow of capture	Αγκώνας σύλληψης
57	Elongation ratio	Λόγος επιμήκυνσης
58	Emerge	Αναδύομαι
59	Erosion	Αποσάθρωση
60	Escarpment	Κρημνός
61	Fan delta	Δελταϊκό ριπίδιο
62	Fault core	Πυρήνας ρήγματος
63	Fault offset	Ζώνη μεταβίβασης
64	Fault propagation	Διάδοση ρήγματος
65	Fault rupture	Σεισμική διάρρηξη
66	Fault segment	Ρηξιτμήμα
67	Fault zone	Ρηξιγενής ζώνη
68	Faulting	Ρηγμάτωση
69	Floodplain	Πεδιάδα κατάκλυσης
70	Flow accumulation	Συσσώρευση ροής
71	Fluvial processes	Ποτάμιες διεργασίες
72	Focal window	Εστιακό παράθυρο
73	Fold axial traces	Ίχνη αξόνων πτυχών
74	Foot of slope	Πρόποδας πλαγιάς
75	Foothills	Πρόποδες
76	Footwall (normal fault)	Κάτω τέμαχος ρήγματος, ανερχόμενο τέμαχος / Υποκείμενο ρηξιτέμαχος
77	Fracture	Σπάσιμο
78	Fracture zones	Ζώνες διάρρηξης

Α/Α	Αγγλικός πρωτότυπος όρος	Ελληνικός μεταφρασμένος όρος
79	Fractured aquifer	Ρωγματικό υδροφόρο σύστημα
80	Gentle slope	Ήπια κλίση
81	Geomorphometry	Γεωμορφομετρία
82	Gorge	Χαράδρα
83	Graben / Trending graben	Τεκτονική λεκάνη ή τάφρος
84	Graded stream	Εξισορροπημένος ποταμός
85	Hanging wall (normal fault)	Κατερχόμενο/υπερκείμενο ρηξιτέμαχος
86	Hazard	Κίνδυνος
87	Head of rejuvenation	Ανάντη όριο οπισθοδρομούσας διάβρωσης
88	Headland	Ακρωτήριο
89	Hellenic arc	Ελληνικό τόξο
90	Hill	Λόφος
91	Hillslope/slope processes	Διεργασίες πλαγιάς /κλιτύος
92	Horst	Τεκτονικό κέρας
93	Hypsometric integral	Υψομετρική καμπύλη
94	Hypsometric curve	Υψομετρικό ολοκλήρωμα
95	Inactive front	Ανενεργό μέτωπο
96	Incision	Εμβάθυνση
97	Integrative approach	Ολοκληρωμένη προσέγγιση
98	Inverse distance weighted interpolation	Στάθμιση αντίστροφης απόστασης
99	Joint	Διάκλαση
100	Joint and fracture traces	Ίχνη διακλάσεων και θραύσεων
101	Karstic aquifer	Καρστικό υδροφόρο σύστημα
102	Knick point	Σημείο κάμψης
103	Lagoon	Λιμνοθάλασσα
104	Land surface object	Αντικείμενο της επιφανείας
105	Landform	Γεωμορφή ή μορφοδομή
106	Landform modelling	Μοντελοποίηση γεωμορφής
107	Lineament	Γράμμωση
108	Lithophaga	Λιθοφάγα
109	Local relief	Τοπικό ανάγλυφο
110	Lower and upper reach of a basin	Κατώτερο και ανώτερο σημείο λεκάνης απορροής
111	Lower slope	Χαμηλότερη κλίση
112	Marine/tidal notch	Θαλάσσια/παλιρροιακή εγκοπή
113	Mid-slope ridge	Μέσης κλίσης ράχη
114	Morphometry	Μορφομετρία
115	Morphotectonic	Μορφοτεκτονικός
116	Mountain front sinuosity	Δαντέλωση στους πρόποδες των βουνών ή δείκτης ευθυγράμμισης ορεογραφικού μετώπου
117	Natural breaks/jenks	Μέθοδος φυσικών διακοπών
118	Neighbourhood type	Τύπος γειτονίας

Α/Α	Αγγλικός πρωτότυπος όρος	Ελληνικός μεταφρασμένος όρος
119	Net gain	Περίσσεια ιζήματος
120	Net loss	Απώλεια ιζήματος
121	Not steady state	Κατάσταση μη ισορροπίας
122	Offset	Διαχωρισμός
123	Open slope	Ανοιχτή κλιτύς
124	Overland flow	Επιφανειακή απορροή
125	Pattern (drainage network)	Μορφή (υδρογραφικού δικτύου)
126	Peak/ridge	Κορυφή /ράχη
127	Pediment	Πετρώδης πρόποδας
128	Plain	Πεδιάδα
129	Plan curvature	Καμπυλότητα κάθετα στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης
130	Planation surface	Επιφάνεια επιπέδωσης
131	Plunging cliff	Ρηξιγενής κρημνός
132	Pocket beaches	Αιγιαλός στο μυχό των κόλπων
133	Ponds	Εποχικές λίμνες
134	Porous aquifer	Κοκκώδες υδροφόρο σύστημα
135	Potentially active	Δυνητικά ενεργό
136	Profile curvature	Καμπυλότητα παράλληλα στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης
137	Quantitative geomorphology	Ποσοτική γεωμορφολογία
138	Raster	Ψηφιδωτά δεδομένα
139	Ratio of the width of valley floor to valley height	Δείκτης λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος κοιλάδας
140	Receiving basin	Λεκάνη υποδοχής
141	Reclassification	Επανα-ταξινόμηση
142	Recurrence interval	Περίοδος επανάληψης
143	Relief	Ανάγλυφο
144	Relief ratio	Λόγος αναγλύφου
145	Reversal	Αναστροφή
146	Rift valley	Τάφρος
147	Risk	Διακινδύνευση
148	River (stream) capture /piracy	Σύλληψη ποταμού / πειρατεία
149	River Delta	Ποτάμιο δέλτα
150	River head	Υψηλότερο σημείο της κοίτης
151	Rugged	Τραχύς
152	Ruggedness number	Αριθμός τραχύτητας
153	Sea arc	Θαλάσσια αψίδα
154	Sea stack	Σωρός ή θαλάσσια στήλη
155	Segmentation	Τμηματοποίηση
156	Shaded relief	Σκίαση αναγλύφου
157	Sharpness	Ευκρίνεια
158	Shear zone	Ζώνη διάτμησης

Α/Α	Αγγλικός πρωτότυπος όρος	Ελληνικός μεταφρασμένος όρος
159	Sites of debris concentrations	Θέσεις συγκέντρωσης κορημάτων
160	Skewness	Λοξότητα
161	Slickenline	Γραμμή προστριβής
162	Slickenside	Κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος
163	Slip rate	Ρυθμός ολίσθησης
164	Slope	Κλιτύς ή πλαγιά ή πρανές / μορφολογική κλίση
165	Slope position	Θέση στην κλιτύ/πλαγιά
166	Specific geomorphometry	Ειδική γεωμορφομετρία
167	Spits	Γλωσσοειδείς βραχίονες
168	Spur/fault scarp	Ρηξιγενές μέτωπο
169	Standardized elevation	Κανονικοποιημένο υψόμετρο
170	Steep slope	Απότομη κλίση
171	Stockwork	Πλέγμα φλεβών
172	Stream concavity index	Δείκτης καμπυλότητας ποταμού
173	Stream length - gradient index	Δείκτης μήκους - κλίσης ρέματος
174	Stream power	Ορμητικότητα ποταμού/ρέματος
175	Stream power index	Δείκτης ορμητικότητας ποταμού/ρέματος
176	Stream/channel	Ρέμα
177	Stress	Τάση
178	Structural control	Τεκτονικός έλεγχος
179	Structural weakness	Δομική αδυναμία
180	Sunkland/trough	Βύθισμα
181	Surface metrology	Μετρολογία επιφανείας
182	Surface or terrain rendering	Ερμηνεία επιφανείας ή αναγλύφου
183	Surface topography	Τοπογραφία επιφανείας
184	Tectonic contact	Τεκτονική επαφή
185	Tectonic extension	Τεκτονική έκταση/ εφελκυσμός
186	Tectonic structure	Τεκτονική δομή
187	Terrace	Αναβαθμίδα
188	Terrain analysis	Ανάλυση αναγλύφου
189	Texture	Υφή
190	Threshodling	Κατωφλίωση
191	Toe	Βάση πρανούς
192	Topographic analysis	Τοπογραφική ανάλυση
193	Topographic position index	Τοπογραφικός δείκτης εντοπισμού
194	Topographic wetness index	Τοπογραφικός δείκτης ύγρανσης
195	Transition zone	Ζώνη μετάβασης
196	Transverse	Εγκάρσιος/ λοξός
197	Transverse topographic symmetry index	Συντελεστής εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας
198	Trench	Τάφρος
199	Triangular facet	Τριγωνικό μέτωπο/ πρανές
200	Trough	Βύθισμα

Α/Α	Αγγλικός πρωτότυπος όρος	Ελληνικός μεταφρασμένος όρος
201	Upland	Υψίπεδο/ανάντη
202	Upper slope	Υψηλότερη κλίση κλιτύων
203	Valley floor	Πυθμένας κοιλάδας
204	Valley slope	Πλαγιές κοιλάδας
205	Vector	Διάνυσμα
206	Verification sites	Θέσεις επαλήθευσης
207	Visual interpretation	Οπτική ερμηνεία
208	Wash slope	Σφήνα απόπλυσης
209	Watergap	Υδροτομή
210	Windgap	Ανεμοτομή
211	Zonal statistics	Στατιστική ανάλυση ανά ζώνες

Παραρτήματα

Παράρτημα 1. Γεωλογικοί σχηματισμοί και λεκάνες απορροής

Παράρτημα 2. Ανάλυση ρηξιγενούς ιστού (ροδογράμματα τεκτονικών γραμμών)

Παράρτημα 3. Ανάλυση υδρογραφικών δικτύων και λεκανών απορροής

Παράρτημα 4. Ανάλυση λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα

Παράρτημα 5. Σύγκριση καθορισμένων ζωνών

Παράρτημα 6. Ανάλυση σε τοπική κλίμακα

Παράρτημα 7. Νεοτεκτονικός χάρτης

Παράρτημα 1. Γεωλογικοί σχηματισμοί και λεκάνες απορροής

Πίνακας Π. 1. Ποσοστά συμμετοχής 4 ομάδων γεωλογικών σχηματισμών στις λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης.

Αριθμός λεκάνης απορροής	Εμβαδό (Km^2)	ομάδα 1	ομάδα 2	ομάδα 3	ομάδα 4
		ποσοστό % συμμετοχής κάθε ομάδας γεωλογικού σχηματισμού στις λεκάνες			
1	2,39	42,86	42,56	0	14,58
2	1,09	0,28	84,13	0	15,60
3	1,02	0	60,63	0	39,37
4	2,26	0	7,52	0	92,48
5	0,30	0	0	0	100,00
6	0,19	0	0	0	100,00
7	1,64	0	0	0	100,00
8	2,23	0	0	0	100,00
9	5,74	0	0	0	100,00
10	0,22	0	0	0	100,00
11	0,16	0	0	0	100,00
12	2,20	0	0	0	100,00
13	1,30	0	0	0	100,00
14	1,36	0	0	0	100,00
15	0,34	4,99	0	0	95,01
16	0,44	1,83	0	0	98,17
17	0,22	0,45	0	0	99,55
18	0,22	0,45	0	0	99,55
19	1,13	1,41	0	75,49	23,10
20	0,98	0,10	0	97,55	2,25
21	0,79	0,50	0	99,37	0
22	0,70	0	0	100,00	0
23	0,16	0	0	100,00	0
24	4,00	47,03	1,63	48,45	2,93
25	3,86	3,71	1,45	69,99	24,83
26	0,34	0	13,70	86,30	0
27	0,19	0	0	90,10	9,90
28	0,62	0	0	93,99	6,01
29	0,81	0	0	99,88	0,12
30	2,02	28,64	0	65,51	5,85
31	0,22	0	0	100,00	0
32	0,54	0	0	99,26	0,74
33	0,43	0	0	97,41	2,82
34	0,21	0	0	92,82	7,18
35	4,14	4,98	0	77,62	17,43
36	0,92	0	0	95,98	4,02
37	5,47	8,68	0	77,46	13,85
38	8,60	0,05	0	97,76	2,19
39	0,55	0	0	93,48	6,70
40	2,26	0	0	96,50	3,45
41	1,06	0	0	91,81	8,19
42	2,17	0	0	96,17	3,83
43	1,12	0,18	0	97,15	2,59
44	0,32	0	0	99,69	0
45	0,33	0	0	100,00	0
46	5,25	2,55	0	97,43	0
47	32,32	10,70	51,06	16,55	21,70
48	3,30	7,76	26,42	19,93	45,93
49	0,35	5,49	94,51	0	0
50	0,75	0,27	97,32	0	2,28
51	9,18	4,76	70,76	0	24,49
52	2,19	4,80	95,20	0	0
53	1,95	12,87	87,13	0	0
54	44,94	1,26	74,61	0	24,12
55	2,67	1,61	67,77	0	30,66
56	1,25	0	59,60	0	40,32
57	3,25	0,52	30,37	0	69,05
58	2,03	0,05	0	0	100,00
59	1,95	0	0,15	0	99,79
60	1,57	0	12,11	0	87,95
61	1,09	0	1,66	0	98,34
62	0,98	15,31	0	0	84,59
63	1,97	2,79	0	0	97,21
64	1,67	3,05	0	0	96,95
65	4,29	0	15,91	0	84,09
66	1,03	0,10	0	0	99,90
67	4,04	0,45	0	0	99,55
68	0,59	17,85	0	0	82,15
69	0,64	3,76	1,57	0	94,67
70	4,68	8,59	9,06	2,59	79,76
71	1,50	7,35	26,20	0	66,44
72	2,02	5,43	79,40	0,54	14,62
73	3,53	17,94	33,35	0	48,74
74	14,53	2,13	6,83	9,53	81,51
75	0,74	0,95	24,59	38,24	36,35
76	32,15	3,65	46,59	4,69	45,06
77	5,43	3,85	71,28	0,24	24,61
78	182,50	14,61	15,40	9,31	60,68
79	42,85	50,41	0	11,12	38,47
80	15,20	10,92	0	57,61	31,47
81	1,08	5,57	75,12	19,31	0
82	18,66	13,61	67,80	15,68	2,91
83	29,00	0,54	0	20,33	79,14
84	26,70	0	0	76,03	23,96
85	38,99	0	0	70,61	29,34
86	12,45	0	0	16,86	83,14
87	4,40	0	0	0	99,82
88	4,61	0	0	0	100,00
89	2,02	0	0	0,10	99,95
90	0,33	0	0	0	100,00
91	1,49	0	0	14,14	85,72
92	0,45	0	0	0	100,00
93	0,77	0	0	0	100,00
94	0,42	0	0	0	100,00
95	10,36	4,59	0	0	95,41
96	13,52	5,43	0	4,31	90,27
97	4,43	0	0	0	99,86
98	5,48	0	0,11	0	99,87
99	1,39	0	14,60	0	84,96
100	0,38	0	4,50	0	95,24
101	31,49	0	11,68	0,17	88,15
102	5,47	10,73	0,93	0	88,36
103	1,56	7,51	0	0	92,49
104	0,75	11,55	0	0	88,45
105	0,35	18,84	0	0	81,16
106	0,72	8,19	0	0	91,81
107	0,91	0,22	0	0	99,67
108	0,73	0	0	0	100,00
109	0,20	0	0	0	100,00
110	0,75	0	0	0	100,00
111	0,16	0	0	0	100,00
112	0,13	0	0	0	100,00
113	0,69	0	0	0	100,00
114	0,99	7,78	0	0	92,22
115	1,62	11,15	0	0	88,85
116	0,68	0,44	28,84	0	70,72
117	4,69	1,79	8,61	0	89,62
118	2,62	21,36	14,21	0	64,42
119	0,36	3,64	12,04	0	84,31
120	0,79	53,89	10,32	0	35,80
121	1,49	66,91	5,38	0	27,71
122	11,65	13,83	0,31	0	85,86
123	3,46	43,89	0,52	0	55,59
124	1,49	23,62	0	0	76,45
125	8,78	4,64	12,36	0	82,99
126	1,48	3,18	6,71	0	90,11
127	1,28	6,34	2,50	0	91,24
128	1,57	0	1,40	0	98,60
129	1,36	0	0,81	0	99,19
130	8,79	0,75	1,74	0	97,51
131	33,97	10,19	9,93	0	79,89
132	380,50	8,49	50,44	0,14	40,93
133	4,49	7,98	92,05	0	0
134	1,41	1,63	98,37	0	0
135	4,09	5,08	92,11	0	2,83
136	0,31	5,18	85,11	0	9,71
137	0,33	4,83	54,38	0	40,48
138	0,64	0	47,02	0	52,98
139	0,20	0	39,00	0	61,00
140	2,33	0,52	94,54	0	4,95
141	0,60	0,66	99,17	0	0
142	0,23	0	100,00	0	0
143	0,27	0	100,00	0	0
144	0,22	0	100,00	0	0
145	0,39	0	100,00	0	0
146	14,98	3,43	76,79	0,48	19,31
147	2,00	17,59	55,84	0,65	25,91
148	1,48	7,96	0	6,75	85,22
149	9,74	3,73	31,78	0,77	63,72
150	4,15	16,64	17,02	0,43	65,88
151	12,83	8,38	36,85	0,05	54,73
152	11,27	6,15	34,65	0,03	59,18
153	4,63	4,99	63,05	0	31,96
154	0,83	0	100,00	0	0
155	0,31	0	100,00	0	0
156	1,10	0	100,00	0	0
157	0,52	0	100,00	0	0
158	0,79	3,67	96,33	0	0
159	0,26	6,06	93,94	0	0
160	3,59	3,62	96,38	0	0
161	1,80	6,16	93,90	0	0
162	1,06	1,23	98,68	0	0
163	2,94	2,45	97,55	0	0
164	35,37	6,19	91,15	0,01	2,65
165	1,15	1,83	98,17	0	0
166	2,72	2,50	97,50	0	0
167	0,48	0,21	99,79	0	0
168	0,62	0	100,00	0	0
169	0,34	0,59	99,41	0	0
170	0,19	0	100,00	0	0
171	0,59	0	100,00	0	0
172	0,62	1,94	98,06	0	0
173	7,56	1,14	98,85	0	0
174	0,51	2,34	97,66	0	0
175	128,67	8,46	79,22	7,71	4,60
176	3,77	17,93	82,10	0	0
177	12,38	7,77	62,73	29,31	0,20
178	8,86	18,59	47,85	33,19	0,37
179	12,41	19,82	18,68	51,93	9,58
180	15,74	22,50	20,10	48,32	9,08
181	3,44	71,40	0	27,55	1,08
182	5,68	69,49	0	13,54	16,99
183	2,39	0	0	0	100,00
184	2,40	0	0	0	99,96
185	0,22	0	0	0	100,00
186	0,18	0	0	0	100,00
187	1,65	0	0	0	100,00
188	1,16	1,21	77,89	0	20,90
189	3,08	5,00	62,77	0	32,23

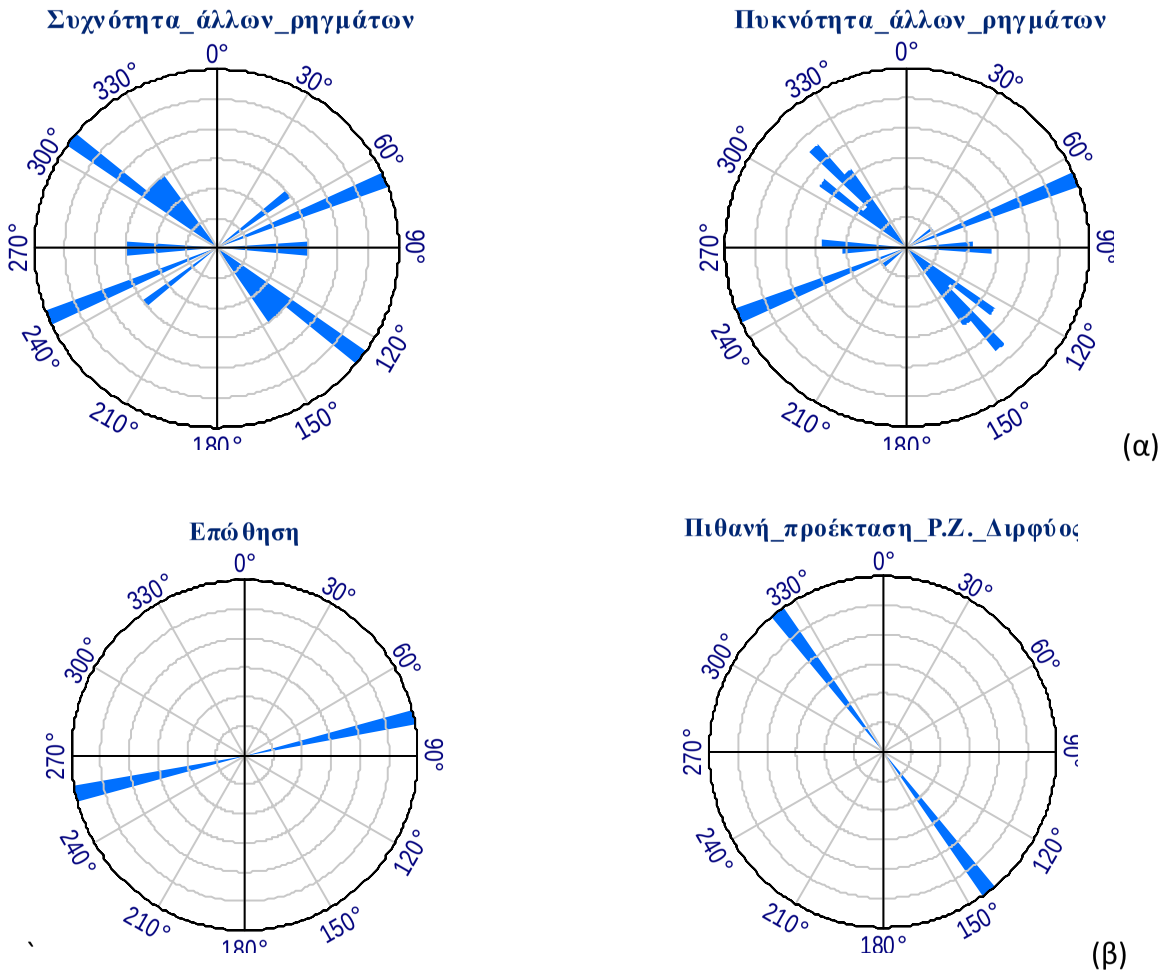
Πίνακας Π. 2. Ανάλυση κατά συστάδες λεκανών απορροής με βάση το ποσοστό συμμετοχής κάθε γεωλογικού σχηματισμού σε αυτές.

Αριθμός λεκάνης απορροής	Cluster στο οποίο ανήκει
1	1
2	2
3	2
4	4
5	4
6	4
7	4
8	4
9	4
10	4
11	4
12	4
13	4
14	4
15	4
16	4
17	4
18	4
19	3
20	3
21	3
22	3
23	3
24	1
25	3
26	3
27	3
28	3
29	3
30	3
31	3
32	3
33	3
34	3
35	3
36	3
37	3
38	3
39	3
40	3
41	3
42	3
43	3
44	3
45	3
46	3
47	2
48	4
49	2
50	2
51	2
52	2
53	2
54	2
55	2
56	2
57	4
58	4
59	4
60	4
61	4
62	4
63	4

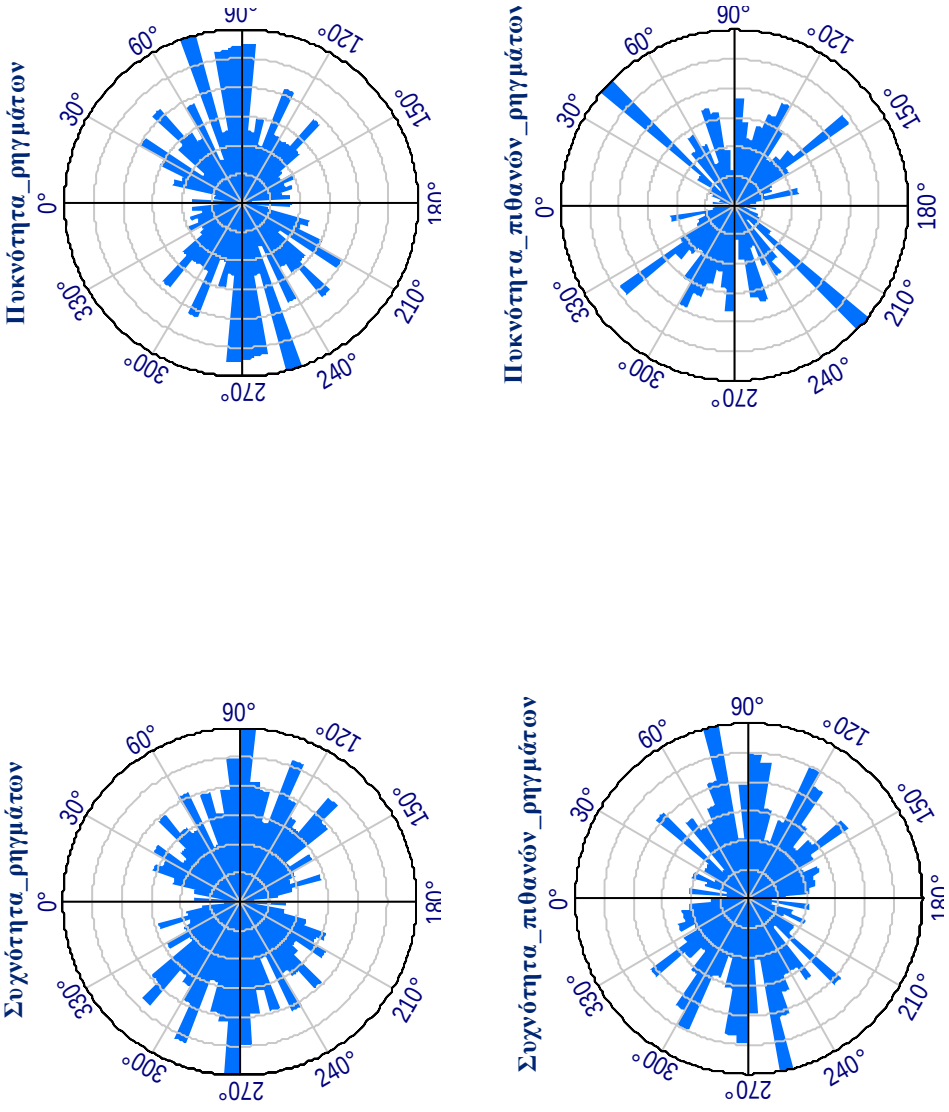
Αριθμός λεκάνης απορροής	Cluster στο οποίο ανήκει
64	4
65	4
66	4
67	4
68	4
69	4
70	4
71	4
72	2
73	4
74	4
75	3
76	2
77	2
78	4
79	1
80	3
81	2
82	2
83	4
84	3
85	3
86	4
87	4
88	4
89	4
90	4
91	4
92	4
93	4
94	4
95	4
96	4
97	4
98	4
99	4
100	4
101	4
102	4
103	4
104	4
105	4
106	4
107	4
108	4
109	4
110	4
111	4
112	4
113	4
114	4
115	4
116	4
117	4
118	4
119	4
120	1
121	1
122	4
123	1
124	4
125	4
126	4

Αριθμός λεκάνης απορροής	Cluster στο οποίο ανήκει
127	4
128	4
129	4
130	4
131	4
132	2
133	2
134	2
135	2
136	2
137	2
138	4
139	4
140	2
141	2
142	2
143	2
144	2
145	2
146	2
147	2
148	4
149	4
150	4
151	4
152	4
153	2
154	2
155	2
156	2
157	2
158	2
159	2
160	2
161	2
162	2
163	2
164	2
165	2
166	2
167	2
168	2
169	2
170	2
171	2
172	2
173	2
174	2
175	2
176	2
177	2
178	2
179	3
180	3
181	1
182	1
183	4
184	4
185	4
186	4
187	4
188	2
189	2

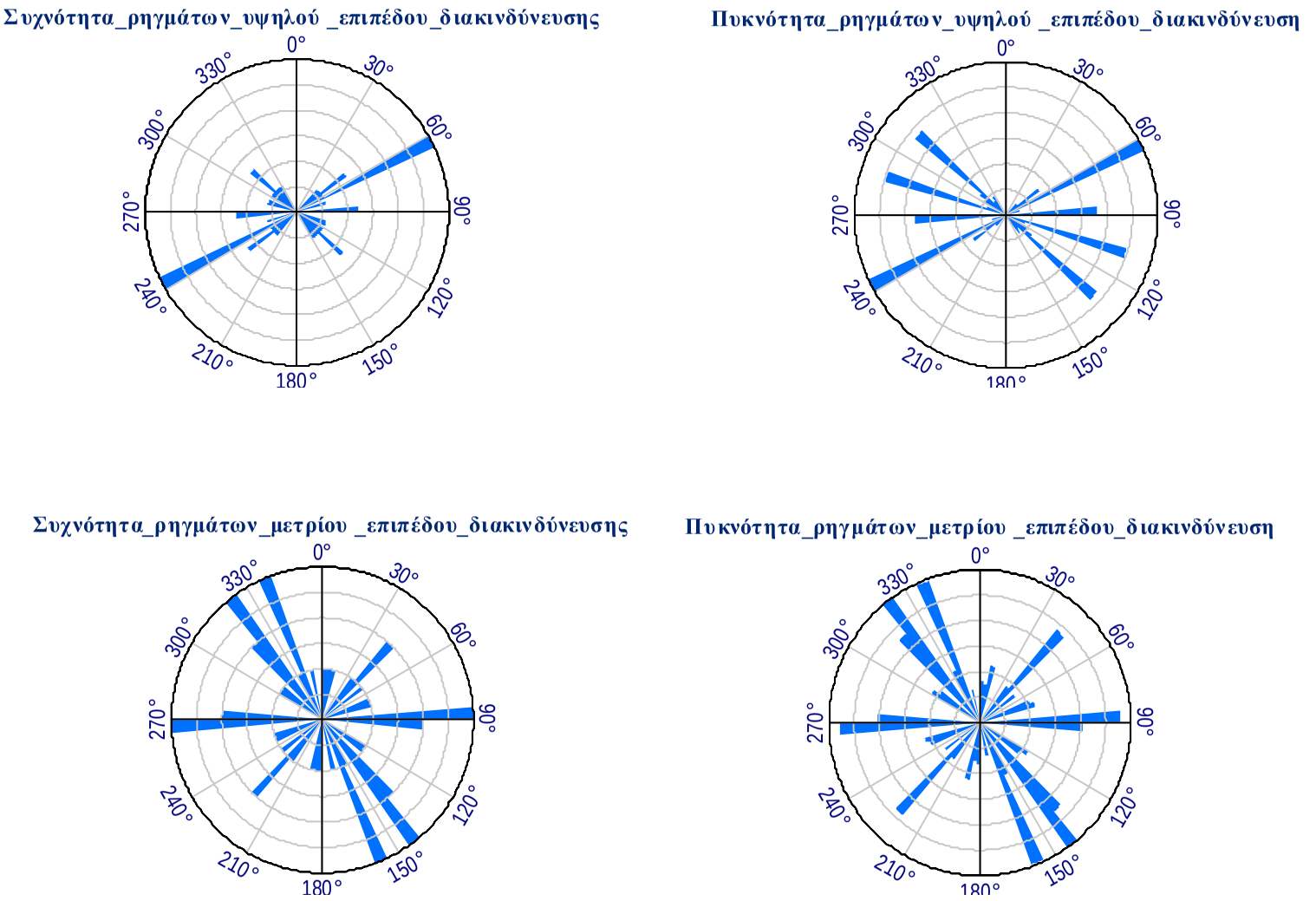
Παράρτημα 2. Ανάλυση ρηξιγενούς ιστού (ροδογράμματα τεκτονικών γραμμών)



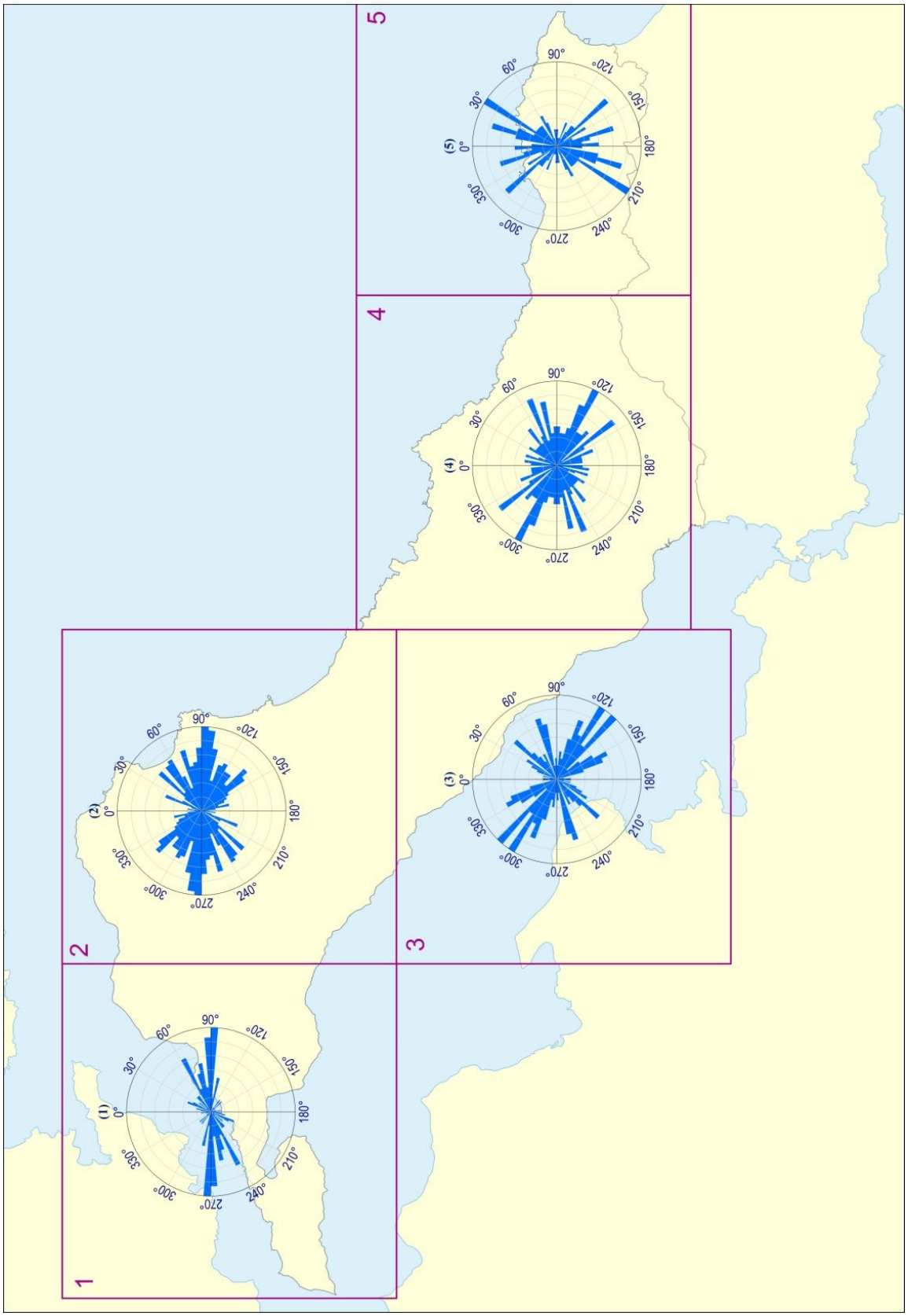
Σχήμα Π. 1. Ροδόγραμμα στο οποίο απεικονίζονται (α) οι τάσεις (συχνότητα και πυκνότητα) των τεκτονικών γραμμών (ανά διαστήματα 5°) - βλέπε κείμενο υποκεφάλαιο 2.3 στη σελίδα 68 "λοιπά ρήγματα" από βιβλιογραφικές πηγές, και (β) διεύθυνση επώθησης και πιθανής προέκτασης ρηξιενούς ζώνης Δίρφυος, της περιοχής μελέτης.



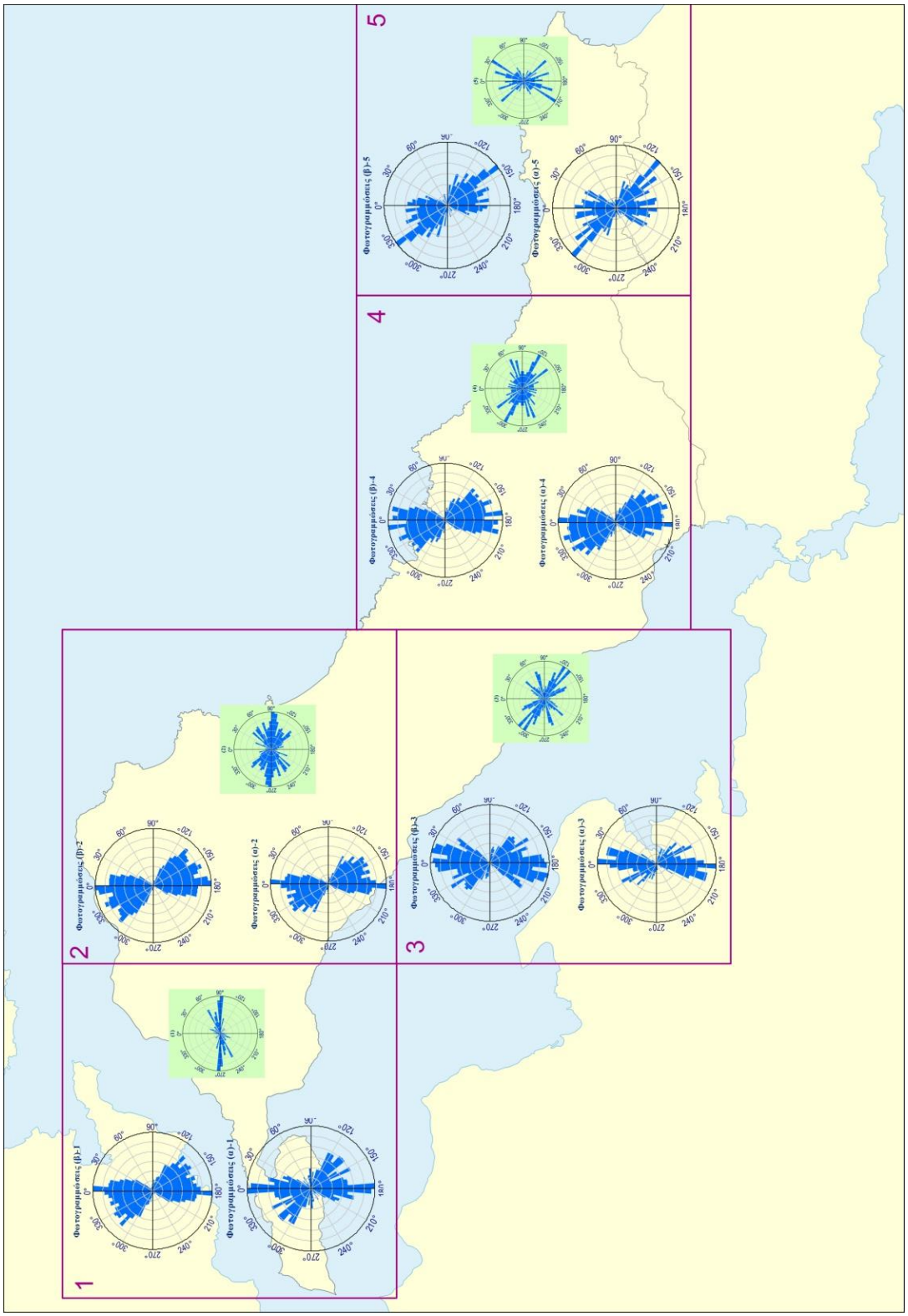
Σχήμα Π. 2. Ροδόγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι τάσεις (συχνότητα και πυκνότητα) των ρηγμάτων και πιθανών ρηγμάτων (ανά διαστήματα 5°), της περιοχής μελέτης με βάση από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ και τον σεισμοτεκτονικό της Ελλάδας.



Σχήμα Π. 3. Ροδόγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι τάσεις (συχνότητα και πυκνότητα) των τεκτονικών γραμμών (ανά διαστήματα 5°), της περιοχής μελέτης με βάση τη ψηφιακή βάση δεδομένων για τα ενεργά ρήγματα της Ελλάδας των Ganas et al. (2013).



Σχήμα Π. 4. Ροδογράμματα, σε σκαρίφημα της περιοχής μελέτης, στα οποίο απεικονίζονται οι τάσεις των τεκτονικών γραμμών (ανά διαστήματα 5°) σε τμήματα της περιοχής μελέτης (αριθμημένα τετράγωνα 30 χλμ*30 χλμ).



Σχήμα Π. 5. Ροδογράμματα, σε σκαρίφημα της περιοχής μελέτης, στα οποίο απεικονίζονται οι τάσεις φωτογραμμώσεων των εικόνων (α) και (β) (ανά διαστήματα της περιοχής μελέτης (αριθμημένα τετράγωνα 30 χλμ*30 χλμ). Τα ροδογράμματα με το πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύουν τις τεκτονικές γραμμές της κάθε περιοχής για ευκολότερη σύγκριση.

Παράρτημα 3. Ανάλυση υδρογραφικών δικτύων και λεκανών απορροής

Πίνακας Π. 3. Ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης.

Όνομα λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
1	α) Αριθμός κλάδων	5	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,08	2,18				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	2,18				
2	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	1,6				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,17	1,60				
3	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,67	0,85				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,34	0,85				
4	α) Αριθμός κλάδων	5	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,93	1,77	0,85			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,19	0,89	0,85			
5	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,37	0,56				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,19	0,56				
6	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,7					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,70					
7	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,65	1,81				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,41	1,81				
8	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,16					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	4,16					
9	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	5,58	2,8				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,40	2,80				
10	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,22					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,22					
11	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,68					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,68					
12	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,05					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	2,05					
13	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,88					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,88					
14	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,74					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,74					
15	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,23	0,1				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,62	0,10				
16	α) Αριθμός κλάδων	6	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,05	0,91	0,23			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,18	0,46	0,23			
17	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,21	0,64				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,11	0,64				
18	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,2	0,17				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,10	0,17				
19	α) Αριθμός κλάδων	8	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,03	1,39	0,39			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,25	0,70	0,39			
20	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,71	1,23				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,43	1,23				

Όνομα λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
21	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,93	1,41				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,48	1,41				
22	α) Αριθμός κλάδων	20	4	2			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,84	1,5	0,64			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,14	0,38	0,32			
23	α) Αριθμός κλάδων	6	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,51	0,69	0,02			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,09	0,35	0,02			
24	α) Αριθμός κλάδων	41	11	4	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	6,96	4,95	1,42	0,14		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,17	0,45	0,36	0,14		
25	α) Αριθμός κλάδων	15	6	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,49	2,44	0,72			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,30	0,41	0,72			
26	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,18					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,18					
27	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,11					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,11					
28	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,78	1,14				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,39	1,14				
29	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,75	1,46				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,38	1,46				
30	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,17	2,02				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,72	2,02				
31	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,63					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,63					
32	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,32	0,42				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,66	0,42				
33	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	1,47				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,17	1,47				
34	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,05					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,05					
35	α) Αριθμός κλάδων	8	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,65	3,34				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,46	3,34				
36	α) Αριθμός κλάδων	5	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,89	0,83	0,92			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,38	0,42	0,92			
37	α) Αριθμός κλάδων	9	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,81	1,48	1,46			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,53	0,74	1,46			
38	α) Αριθμός κλάδων	79	16	2	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	18,95	8,35	4,95	0,99		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,24	0,52	2,48	0,99		
39	α) Αριθμός κλάδων	12	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,06	0,8	0,69			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,17	0,40	0,69			
40	α) Αριθμός κλάδων	32	12	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	6,9	2,34	2,7			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,22	0,20	2,70			

Όνομα λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
41	α) Αριθμός κλάδων	9	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,01	2,15				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,22	2,15				
42	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,32	1,92				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	1,92				
43	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,59	0,97				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,20	0,97				
44	α) Αριθμός κλάδων	7	2				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,6	0,65				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,23	0,33				
45	α) Αριθμός κλάδων	7	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,03	0,47	0,47			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,15	0,24	0,47			
46	α) Αριθμός κλάδων	7	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,35	2,67	0,58			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,62	1,34	0,58			
47	α) Αριθμός κλάδων	65	13	3	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	33,83	11,66	4,4	8		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,52	0,90	1,47	8,00		
48	α) Αριθμός κλάδων	7	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,23	2,77	0,76			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,60	1,39	0,76			
49	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	0,5				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,17	0,50				
50	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,49					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,49					
51	α) Αριθμός κλάδων	13	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	6,95	7,89	2,45			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,53	1,97	2,45			
52	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,33	0,2				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,58	0,20				
53	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,45					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	2,45					
54	α) Αριθμός κλάδων	87	16	4	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	48,62	9,39	10,28	12,81		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,56	0,59	2,57	12,81		
55	α) Αριθμός κλάδων	13	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,86	1,14	1,73			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,37	0,57	1,73			
56	α) Αριθμός κλάδων	7	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,84	1,38	0,31			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,26	0,69	0,31			
57	α) Αριθμός κλάδων	16	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	6,77	2,74	1,68			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	0,69	1,68			
58	α) Αριθμός κλάδων	5	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,17	1,28	0,54			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,43	0,64	0,54			
59	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,67	0,59				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,34	0,59				
60	α) Αριθμός κλάδων	5	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,04	1,66				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,41	1,66				

(συνέχεια Πίνακα Π. 3)

Όνομα λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
61	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,8					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,80					
62	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,04					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,04					
63	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,77	0,78				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,39	0,78				
64	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,98					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,98					
65	α) Αριθμός κλάδων	6	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,85	1,72	1,43			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,64	0,57	1,43			
66	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,25	0,47				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,63	0,47				
67	α) Αριθμός κλάδων	10	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,21	1,92	1,78			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	0,64	1,78			
68	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,23	1				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,31	1,00				
69	α) Αριθμός κλάδων	5	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,09	0,97				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,22	0,97				
70	α) Αριθμός κλάδων	13	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	6,45	4,87	1,12			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,50	2,44	1,12			
71	α) Αριθμός κλάδων	8	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,57	1,83	0,18			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,20	0,92	0,18			
72	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,66	2,53				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,55	2,53				
73	α) Αριθμός κλάδων	4	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,07	1,5	2,8			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,77	0,75	2,80			
74	α) Αριθμός κλάδων	23	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	12,68	5,08	7,67			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,55	1,27	7,67			
75	α) Αριθμός κλάδων	5	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,13	0,65	0,59			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,23	0,33	0,59			
76	α) Αριθμός κλάδων	67	15	5	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	24,14	12,75	13,61	4,53		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,36	0,85	2,72	4,53		
77	α) Αριθμός κλάδων	13	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	6,03	4,29	3,44			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,46	1,07	3,44			
78	α) Αριθμός κλάδων	690	166	40	11	2	1
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	233,63	100,33	69,05	23,9	29,77	0,099
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,34	0,60	1,73	2,17	14,89	0,10
79	α) Αριθμός κλάδων	128	51	15	3	1	
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	54	18,65	19,17	5,89	3,62	
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	0,37	1,28	1,96	3,62	
80	α) Αριθμός κλάδων	107	30	7	2	1	
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	28,61	12,69	6,47	4,15	1,49	
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,27	0,42	0,92	2,08	1,49	
81	α) Αριθμός κλάδων	8	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,2	1,5	0,99			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,28	0,75	0,99			
82	α) Αριθμός κλάδων	62	16	5	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	22,19	13,48	7,94	2,67		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,36	0,84	1,59	2,67		
83	α) Αριθμός κλάδων	89	22	5	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	26,84	8	5,03	6,53		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,30	0,36	1,01	6,53		
84	α) Αριθμός κλάδων	97	26	6	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	36,75	13,99	9,74	4,78		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,38	0,54	1,62	4,78		
85	α) Αριθμός κλάδων	204	50	16	4	1	
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	65,86	30,3	9,88	4,54	6,86	
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,32	0,61	0,62	1,14	6,86	
86	α) Αριθμός κλάδων	64	15	3	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	22,26	7,27	7,45	1,88		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,35	0,48	2,48	1,88		
87	α) Αριθμός κλάδων	11	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,87	4,81	1,44			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,44	1,60	1,44			
88	α) Αριθμός κλάδων	28	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	9,31	1,86	3,07			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	0,47	3,07			
89	α) Αριθμός κλάδων	6	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,49	1,43	1,63			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,58	0,72	1,63			
90	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,98					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,98					
91	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,56	2,88				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,39	2,88				
92	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,16	0,86				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,58	0,86				
93	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,55					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,55					
94	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,44	0,26				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,22	0,26				
95	α) Αριθμός κλάδων	50	12	3	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	16,02	7,52	4,08	4,99		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,32	0,63	1,36	4,99		
96	α) Αριθμός κλάδων	47	11	3	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	20,99	8,26	6,45	2,27		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,45	0,75	2,15	2,27		
97	α) Αριθμός κλάδων	18	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	6,16	2,95	2,62			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,34	0,74	2,62			
98	α) Αριθμός κλάδων	24	5	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	7,99	4,07	3,23			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	0,81	3,23			
99	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,77	1,28				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,59	1,28				
100	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,95					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,95					
101	α) Αριθμός κλάδων	281	68	24	3	1	
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	76,78	29,41	17,44	5,49	6,34	
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,27	0,43	0,73	1,83	6,34	
102	α) Αριθμός κλάδων	23	5	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	8,57	3,71	3,35			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,37	0,74	3,35			
103	α) Αριθμός κλάδων	6	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,16	2,5				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,36	2,50				
104	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,27	2,41				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	2,41				
105	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,71	0,78				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,36	0,78				
106	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,92					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,92					
107	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,99	1,63				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,50	1,63				
108	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,85	1,46				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,43	1,46				
109	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,24					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,24					
110	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,57	2,02				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,19	2,02				
111	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,54					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,54					
112	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,54					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,54					
113	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,33					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	2,33					
114	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,09	1,26				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,52	1,26				
115	α) Αριθμός κλάδων	10	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,43	0,67	2,44			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,34	0,34	2,44			
116	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,93	1,23				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,23	1,23				
117	α) Αριθμός κλάδων	55	15	4	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	11,44	4,9	2,93	2,8		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,21	0,33	0,73	2,80		
118	α) Αριθμός κλάδων	16	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,4	4,58	0,88			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,28	1,53	0,88			
119	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,26	0,58				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	0,58				
120	α) Αριθμός κλάδων	5	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,85	1	0,03			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,17	0,50	0,03			

(συνέχεια Πίνακα Π. 3)

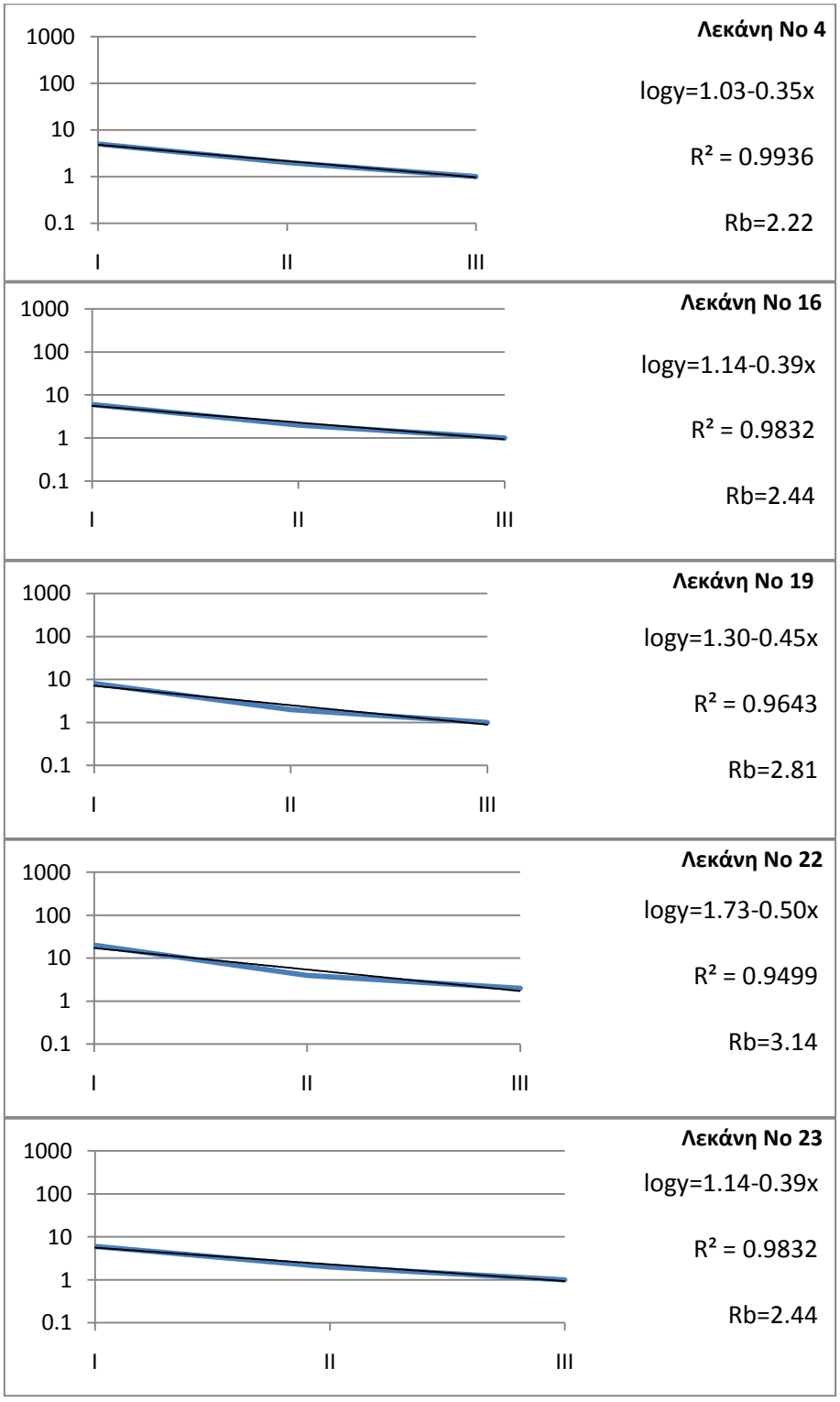
Όνομα Λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
121	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,61	2,38				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,40	2,38				
122	α) Αριθμός κλάδων	57	13	4	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	21,62	7,49	5,99	4,7		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,38	0,58	1,50	4,70		
123	α) Αριθμός κλάδων	15	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	5,95	7,66	0,92			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,40	1,92	0,92			
124	α) Αριθμός κλάδων	5	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,08	2,24	0,11			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	1,12	0,11			
125	α) Αριθμός κλάδων	33	10	5	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	15,59	4,83	4,01	1,21		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,47	0,48	0,80	1,21		
126	α) Αριθμός κλάδων	10	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,97	0,73	0,86			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,40	0,37	0,86			
127	α) Αριθμός κλάδων	12	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,87	1,08	0,64			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,32	0,27	0,64			
128	α) Αριθμός κλάδων	16	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,77	1,7	0,88			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,17	0,43	0,88			
129	α) Αριθμός κλάδων	14	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,09	1,32	0,79			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,29	0,66	0,79			
130	α) Αριθμός κλάδων	60	14	2	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	17,84	6,93	3,59	2,53		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,30	0,50	1,80	2,53		
131	α) Αριθμός κλάδων	96	23	6	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	39,89	15,84	7,21	11,58		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,42	0,69	1,20	11,58		
132	α) Αριθμός κλάδων	1117	296	63	15	4	1
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	435,37	223,28	91,6	79,29	22,78	13,63
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,39	0,75	1,45	5,29	5,70	13,63
133	α) Αριθμός κλάδων	13	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,5	3,5	9,32			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,35	0,88	9,32			
134	α) Αριθμός κλάδων	12	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,6	1,07	1,15			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,30	0,54	1,15			
135	α) Αριθμός κλάδων	29	9	3	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	10,76	4	2,52	0,63		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,37	0,44	0,84	0,63		
136	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,96	0,07				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,48	0,07				
137	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,79					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,79					
138	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,34					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,34					
139	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,33					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,33					
140	α) Αριθμός κλάδων	10	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,84	2,22	0,32			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,38	0,74	0,32			

Όνομα Λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
141	α) Αριθμός κλάδων	5	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,65	0,81				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	0,81				
142	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,84					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,84					
143	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,52	0,59				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,26	0,59				
144	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,69					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,69					
145	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,73					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,73					
146	α) Αριθμός κλάδων	73	22	4	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	24,39	9,16	4,65	5,81		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,33	0,42	1,16	5,81		
147	α) Αριθμός κλάδων	9	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,76	1,91	0,41			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,31	0,96	0,41			
148	α) Αριθμός κλάδων	8	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,56	1,1	0,13			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,45	0,55	0,13			
149	α) Αριθμός κλάδων	59	16	14	2	1	
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	18,06	3,92	4,44	3,09	0,46	
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,31	0,25	0,32	1,55	0,46	
150	α) Αριθμός κλάδων	17	4	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	7,73	3,77	2,06			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,45	0,94	2,06			
151	α) Αριθμός κλάδων	30	8	2	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	15,49	5,74	7,38	0,3		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,52	0,72	3,69	0,30		
152	α) Αριθμός κλάδων	30	8	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	13,99	6,57	5,77			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,47	0,82	5,77			
153	α) Αριθμός κλάδων	16	5	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	5,39	3,28	2,09			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,34	0,66	2,09			
154	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	4,49					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	4,49					
155	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,84					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,84					
156	α) Αριθμός κλάδων	7	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,99	0,7	1,03			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,28	0,23	1,03			
157	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,87	0,42				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,62	0,42				
158	α) Αριθμός κλάδων	6	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,33	0,62	0,78			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,22	0,21	0,78			
159	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,39	0,58				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,20	0,58				
160	α) Αριθμός κλάδων	11	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,5	2,7	1,3			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,23	0,90	1,30			

Όνομα Λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
161	α) Αριθμός κλάδων	9	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,3	0,93	0,98			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,37	0,31	0,98			
162	α) Αριθμός κλάδων	5	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,2	0,81				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,44	0,81				
163	α) Αριθμός κλάδων	9	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,5	3,04	0,16			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,39	1,52	0,16			
164	α) Αριθμός κλάδων	72	15	2	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	44,34	13,98	1,01	7,36		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,62	0,93	0,51	7,36		
165	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,7	0,69				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,35	0,69				
166	α) Αριθμός κλάδων	6	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	3,68	2,78				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,61	2,78				
167	α) Αριθμός κλάδων	8	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,93	0,67	0,25			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,24	0,34	0,25			
168	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,59	0,94				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,53	0,94				
169	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,79	0,31				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,40	0,31				
170	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,64					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,64					
171	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,16					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,16					
172	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	1,58	0,41				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,79	0,41				
173	α) Αριθμός κλάδων	17	6	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	11,28	4,91	5,6			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,66	0,82	5,60			
174	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	0,82	0,74				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,21	0,74				
175	α) Αριθμός κλάδων	356	96	21	6	1	
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	171,5	61,56	43,28	19,12	13,88	
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,48	0,64	2,06	3,19	13,88	
176	α) Αριθμός κλάδων	5	2	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	2,55	4,23	0,82			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,51	2,12	0,82			
177	α) Αριθμός κλάδων	21	3	1			
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	12,22	7,15	7,24			
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,58	2,38	7,24			
178	α) Αριθμός κλάδων	10	4	4	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	5,75	2,45	3,95	2,03		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,58	0,61	0,99	2,03		
179	α) Αριθμός κλάδων	31	7	6	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	16,76	12,56	2,34	1,53		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,54	1,79	0,39	1,53		
180	α) Αριθμός κλάδων	41	12	2	1		
	β)Μήκος κλάδων (χλμ)	21,33	10,61	2,24	4,52		
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,52	0,88	1,12	4,52		

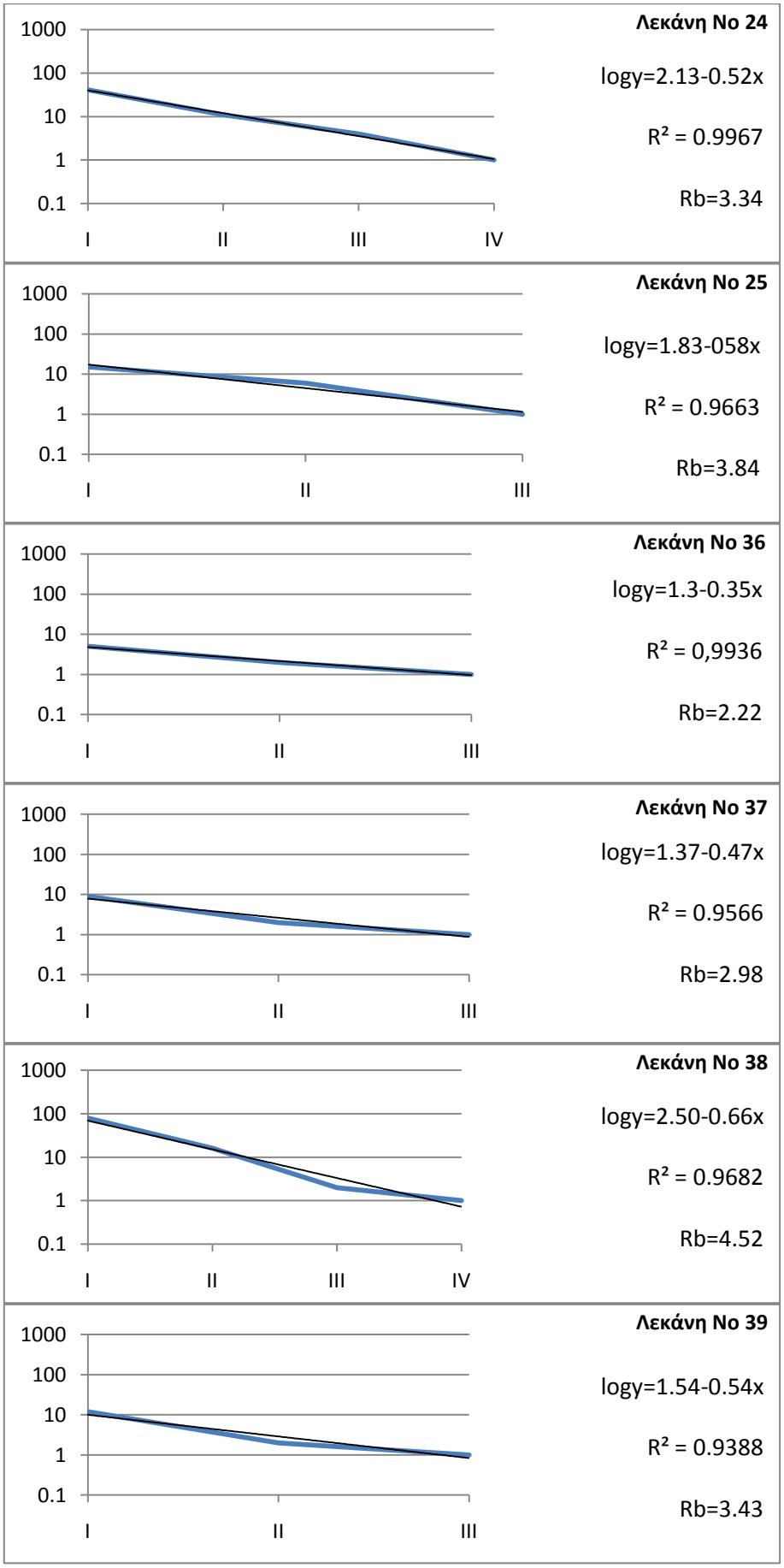
(συνέχεια Πίνακα Π. 3)

Όνομα λεκάνης	Παράμετροι	Τάξη κλάδων					
		1η	2η	3η	4η	5η	6η
181	α) Αριθμός κλάδων	3	1				
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	2,16	3,18				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,72	3,18				
182	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	4,33	1,09				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	1,08	1,09				
183	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	2,97	0,67				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,74	0,67				
184	α) Αριθμός κλάδων	2	1				
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	1,18	2,13				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,59	2,13				
185	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	0,8					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,80					
186	α) Αριθμός κλάδων	1					
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	0,55					
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,55					
187	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	1,46	2,07				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,37	2,07				
188	α) Αριθμός κλάδων	4	1				
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	1,45	1,23				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,36	1,23				
189	α) Αριθμός κλάδων	6	1				
	β) Μήκος κλάδων (χλμ)	4,04	2,51				
	γ) Μέσο μήκος κλάδων (χλμ)	0,67	2,51				

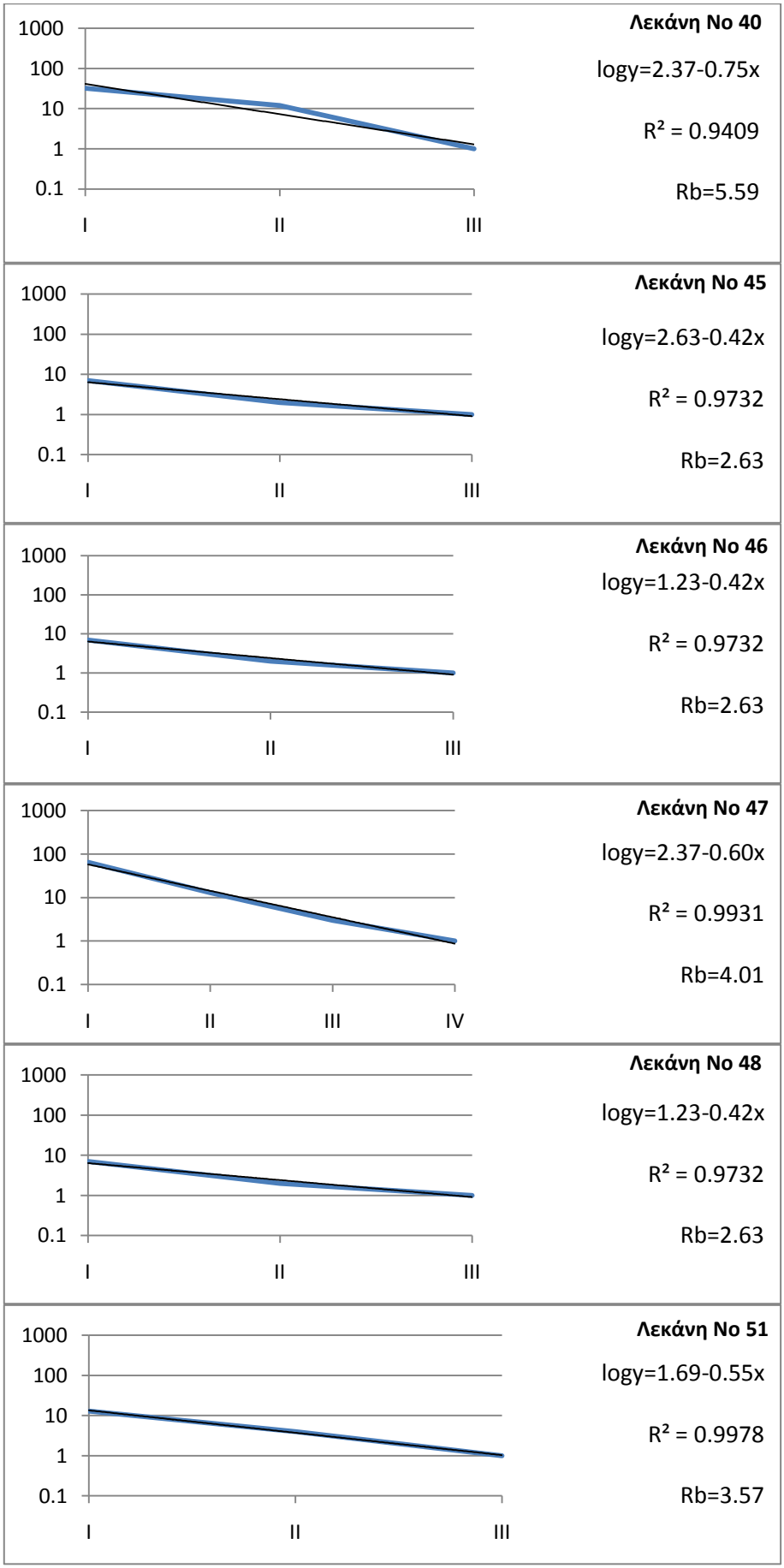


Σχήμα Π. 6. Ημιλογαριθμικά διαγράμματα αριθμού κλάδων προς την τάξη των κλάδων (Nu-u).

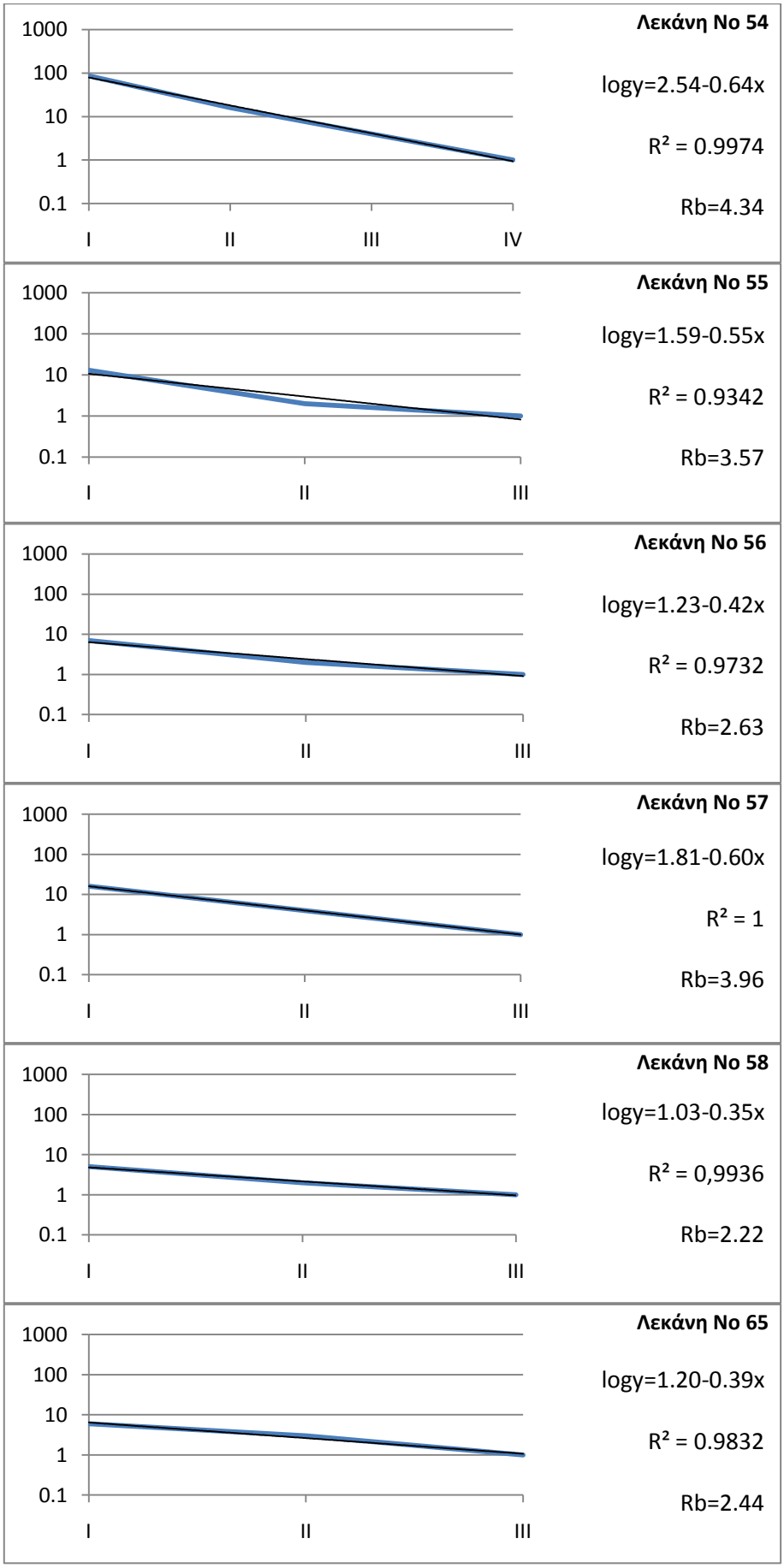
Σε κάθε διάγραμμα σημειώνεται η εξίσωση του 1^{ου} Νόμου του Horton, ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) καθώς και ο συντελεστής διακλάδωσης (Rb). Η μπλε γραμμή αφορά την πραγματική κατάσταση και η μαύρη τη γραμμή τάσης από την οποία προκύπτει η κλίση και κατά επέκταση ο βαθμός διακλάδωσης. Με κόκκινους κύκλους σημειώνονται οι περιπτώσεις που παρατηρούνται αποκλίσεις, όπου δηλαδή ο αριθμών των κλάδων στην μεγαλύτερη τάξη αυξάνεται σε σχέση με την προηγούμενη αντί να μειώνεται. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται αφορούν μόνο δίκτυα 3^{ης} και άνω.



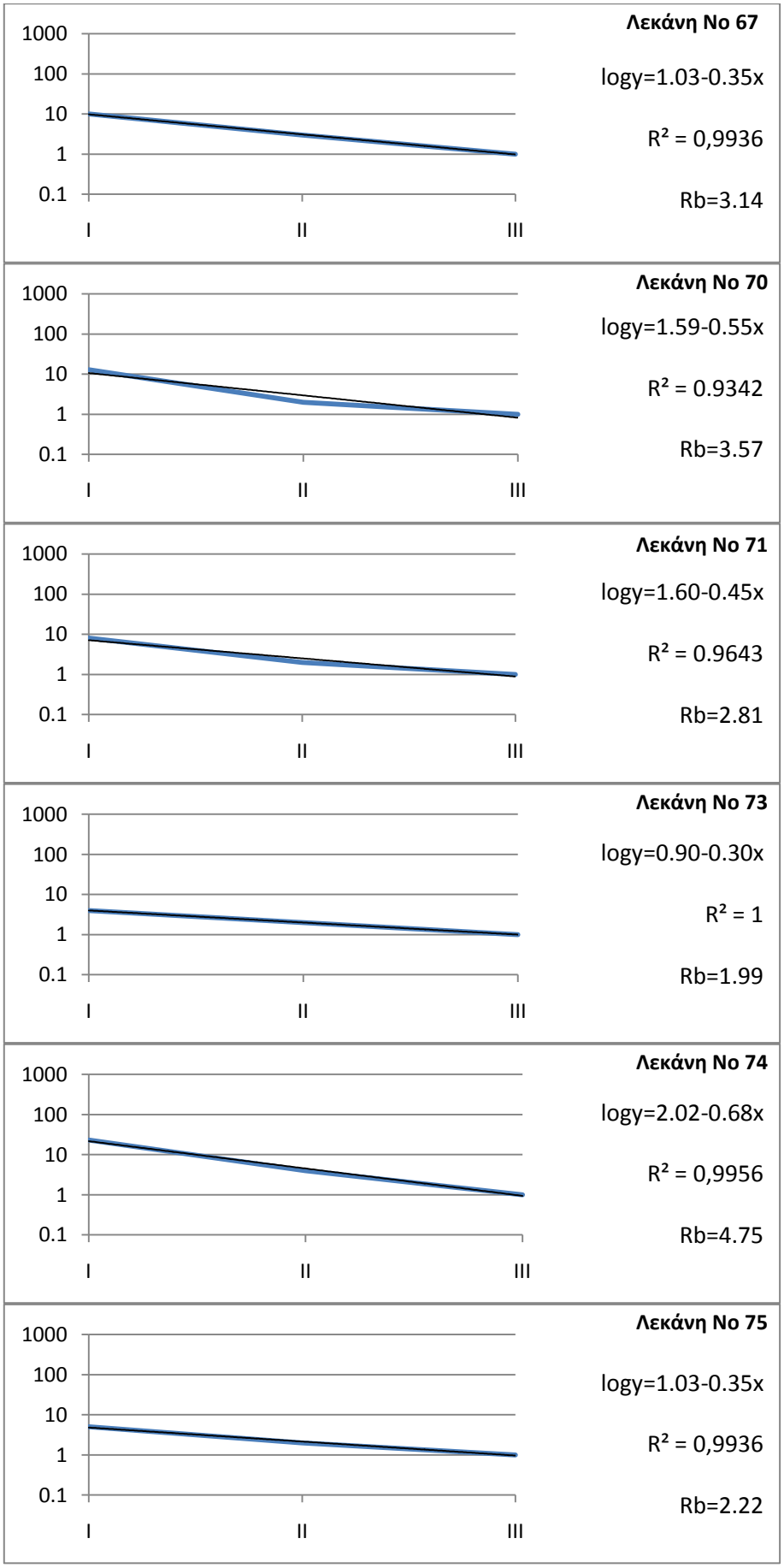
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



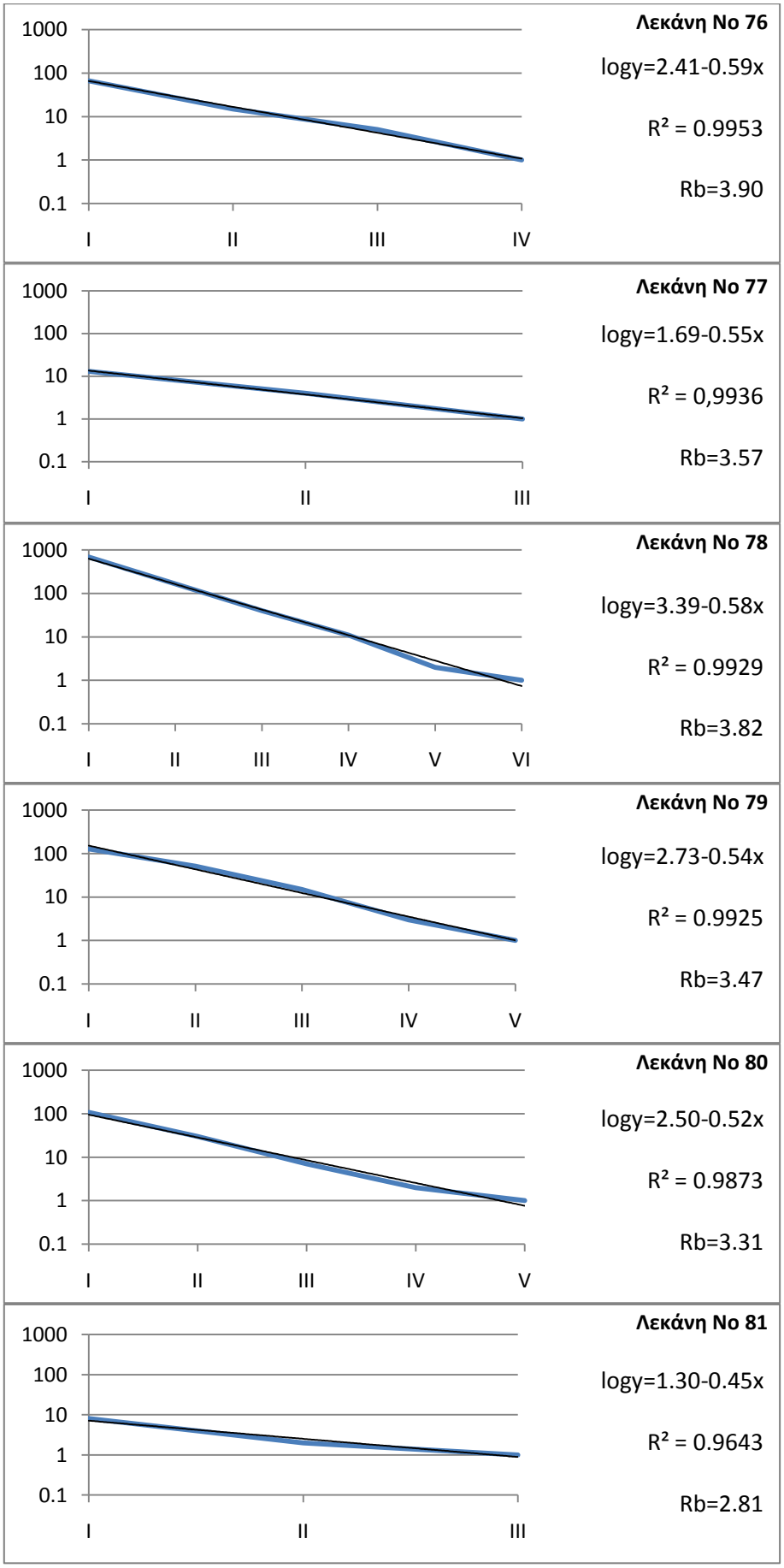
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



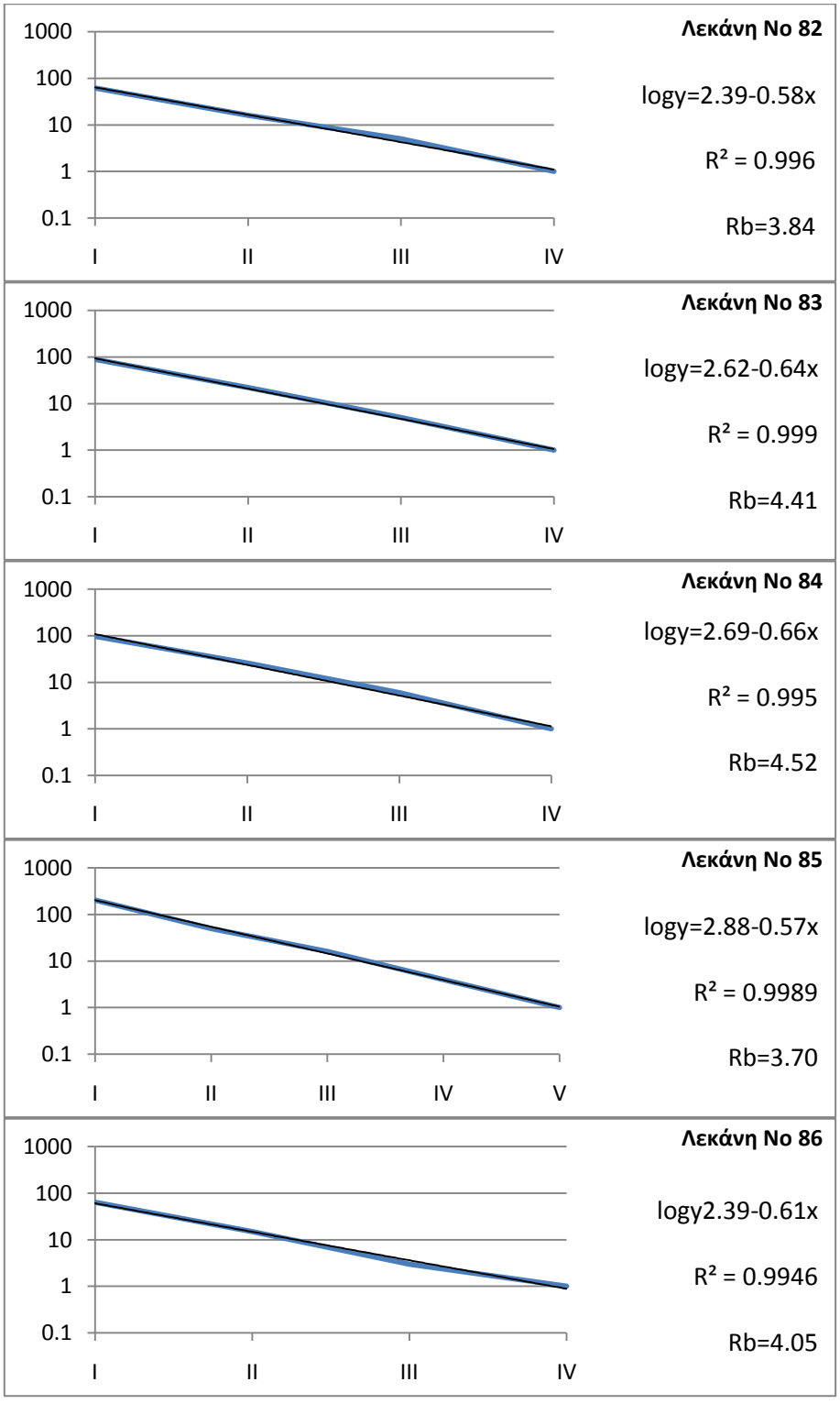
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



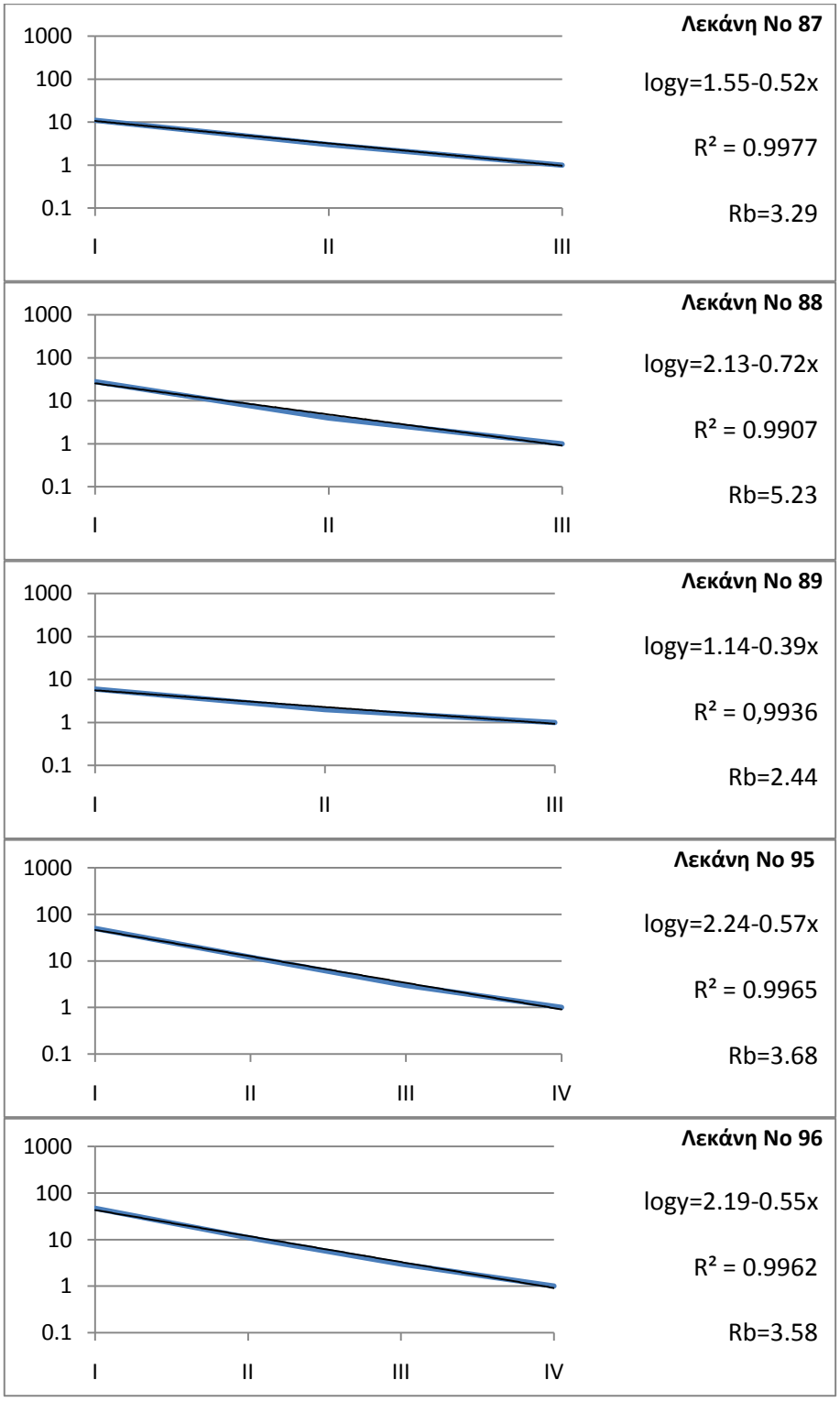
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



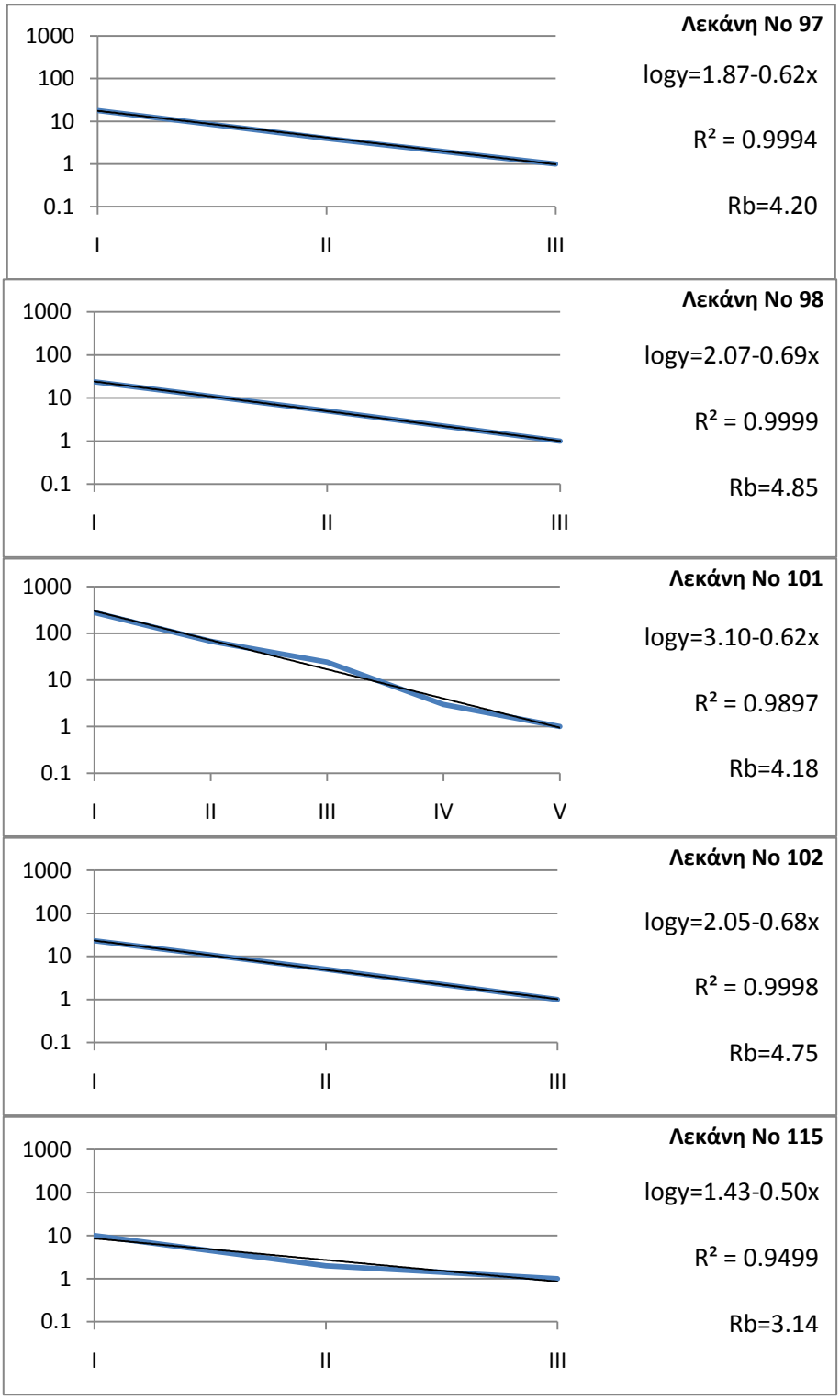
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



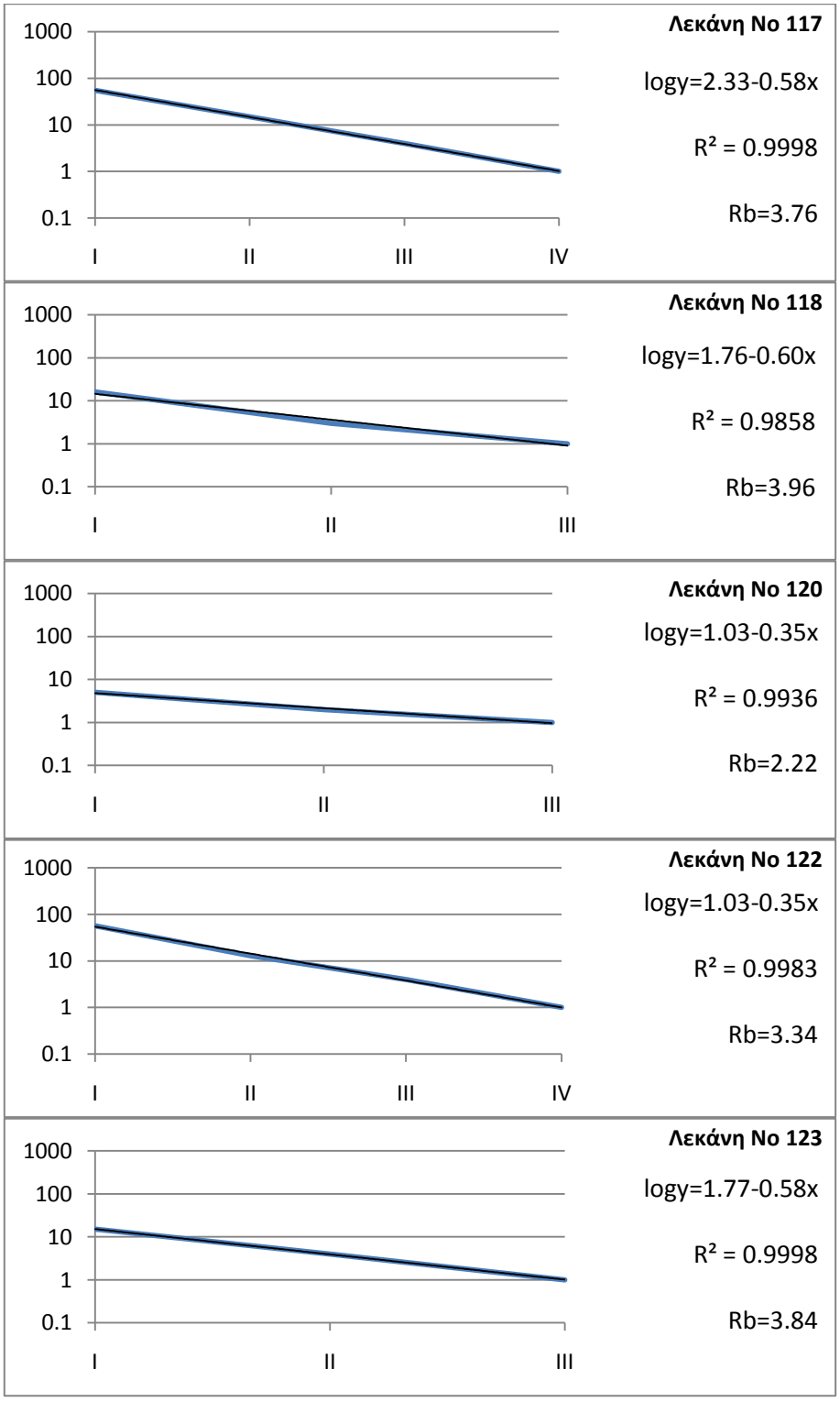
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



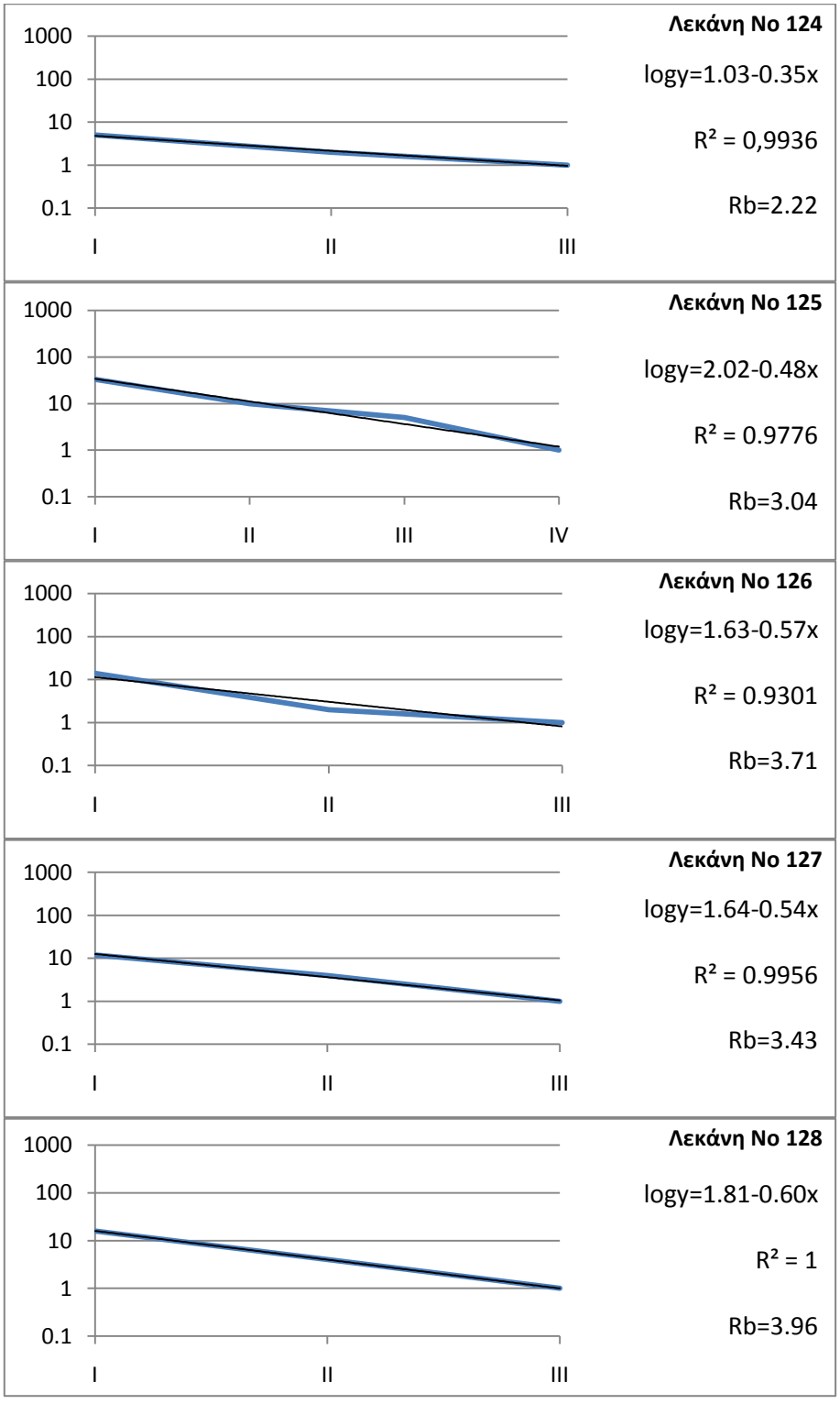
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



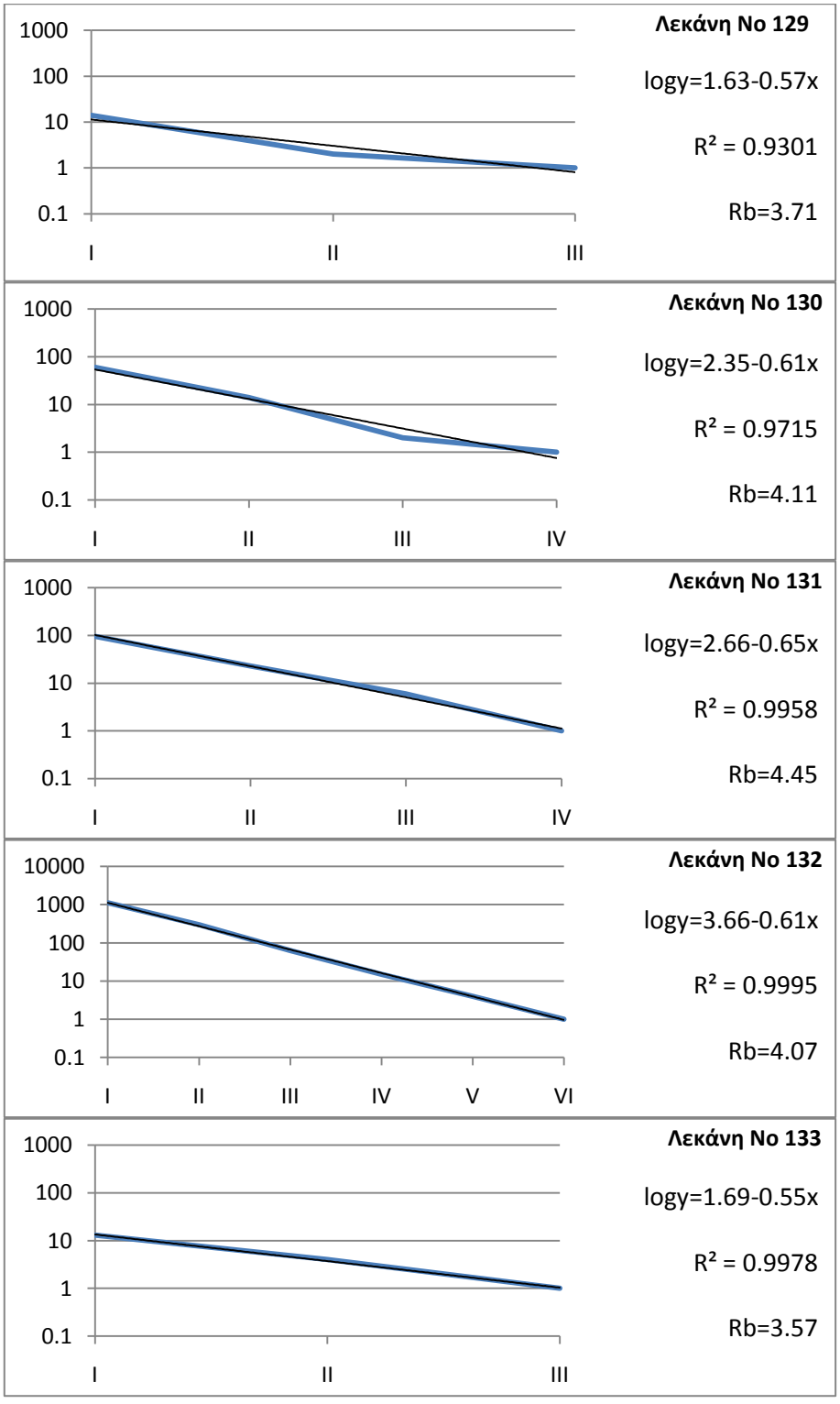
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



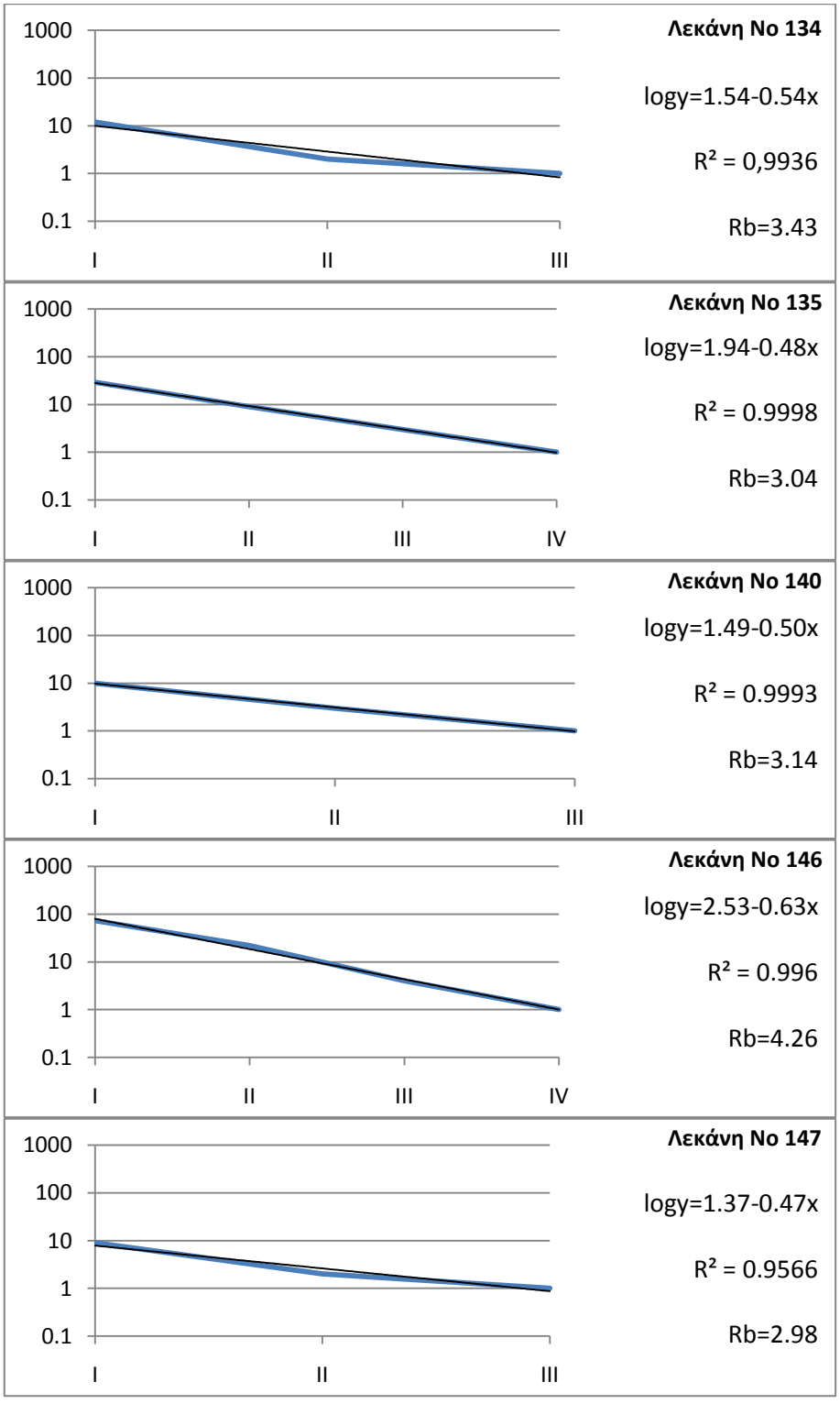
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



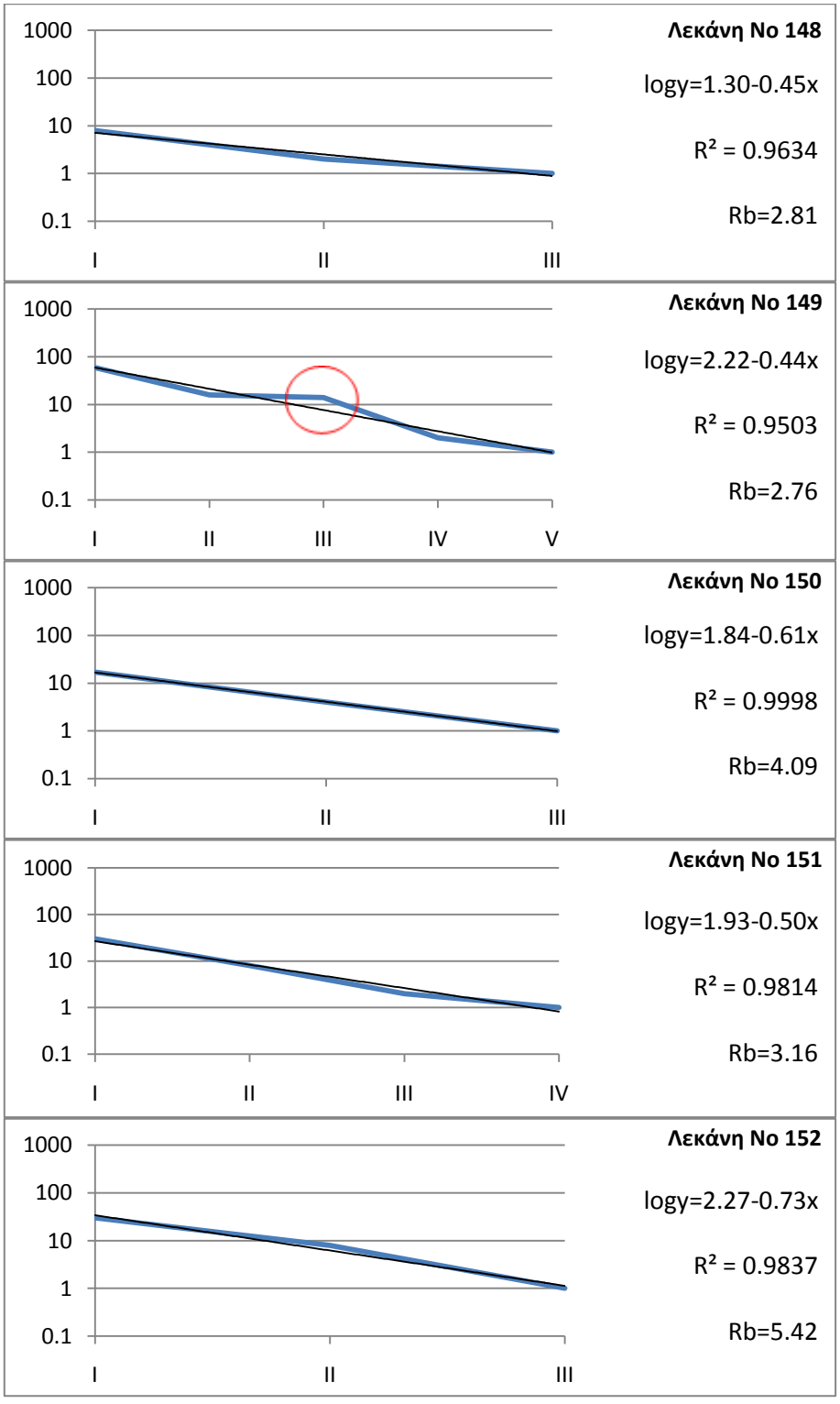
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



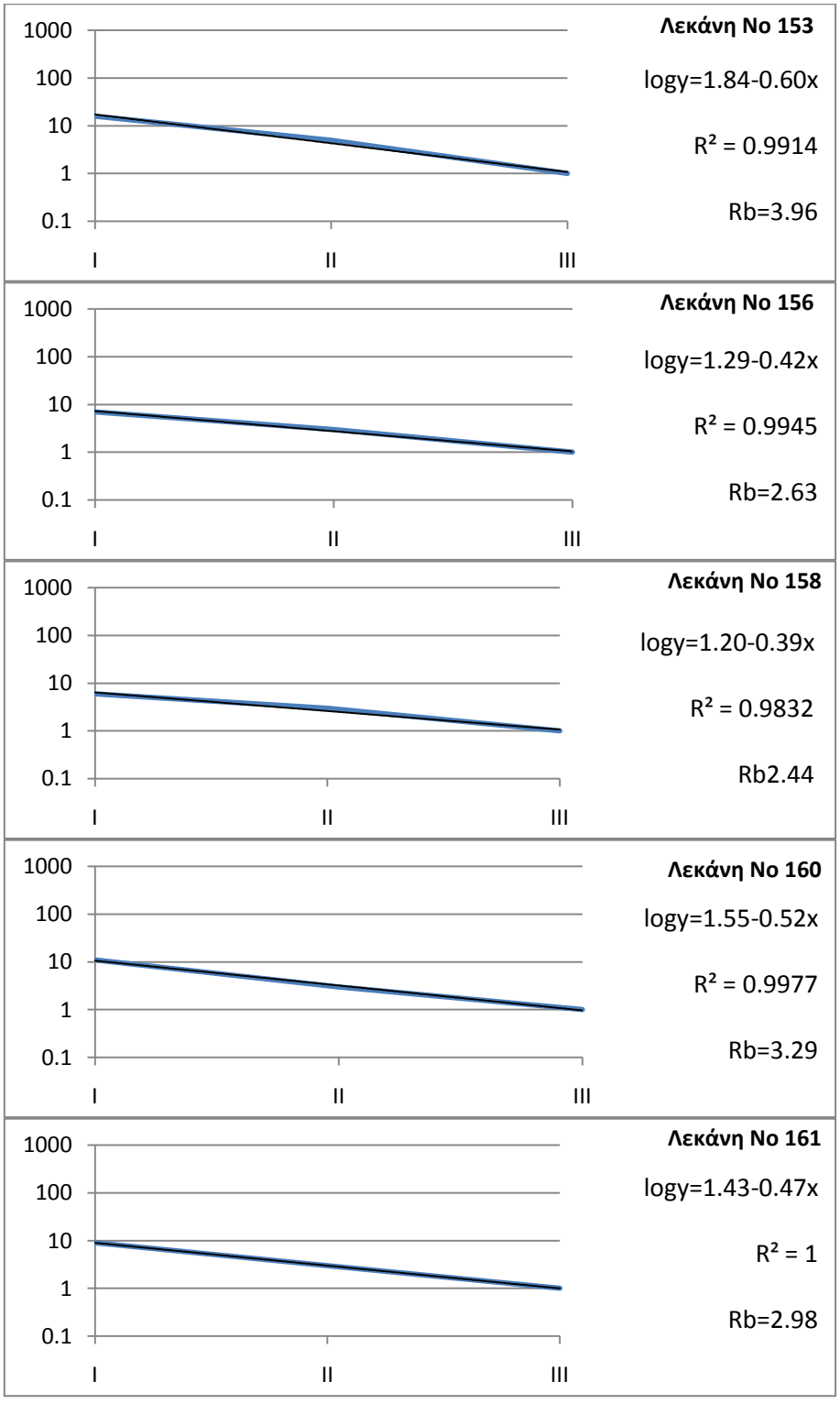
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



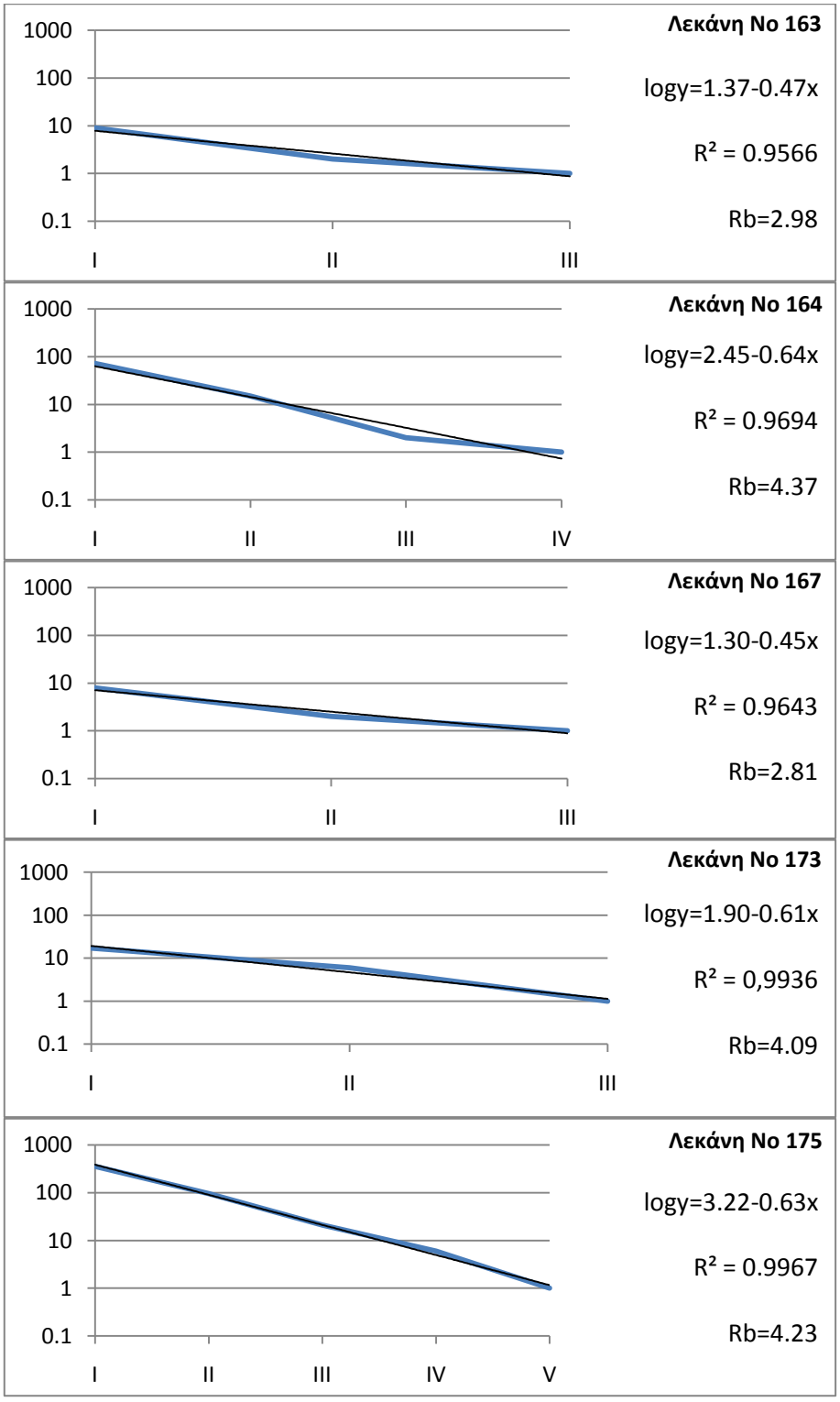
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



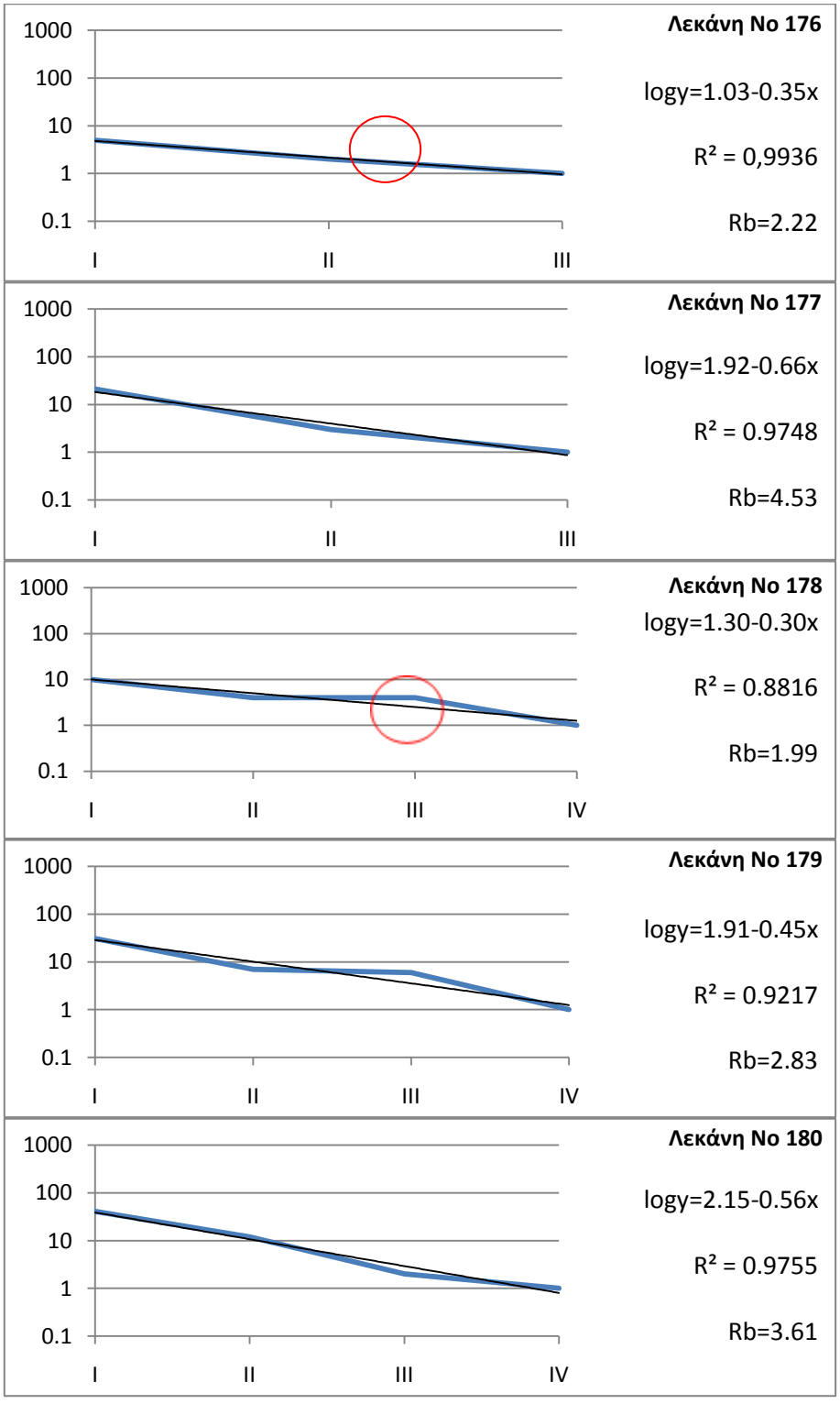
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



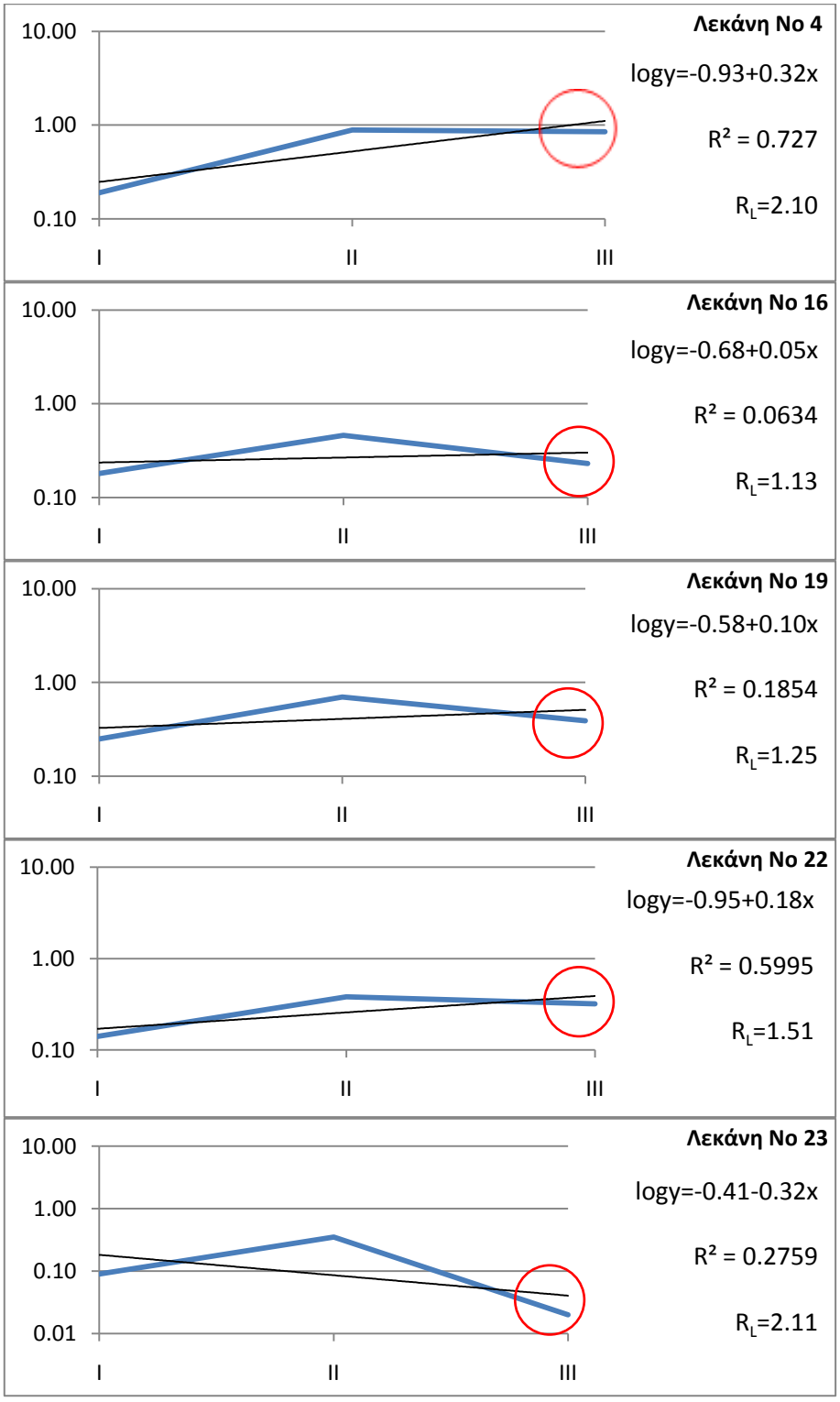
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



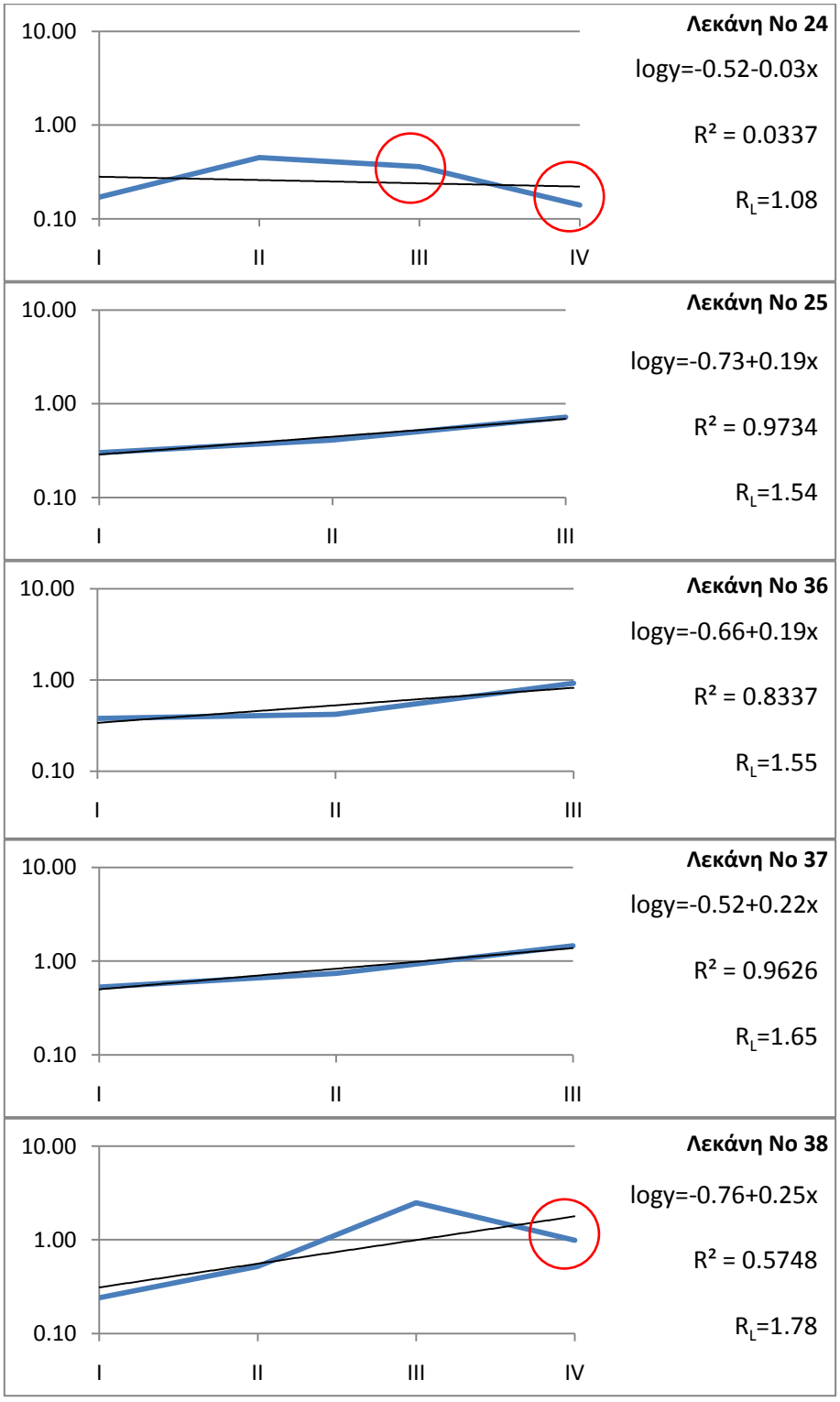
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



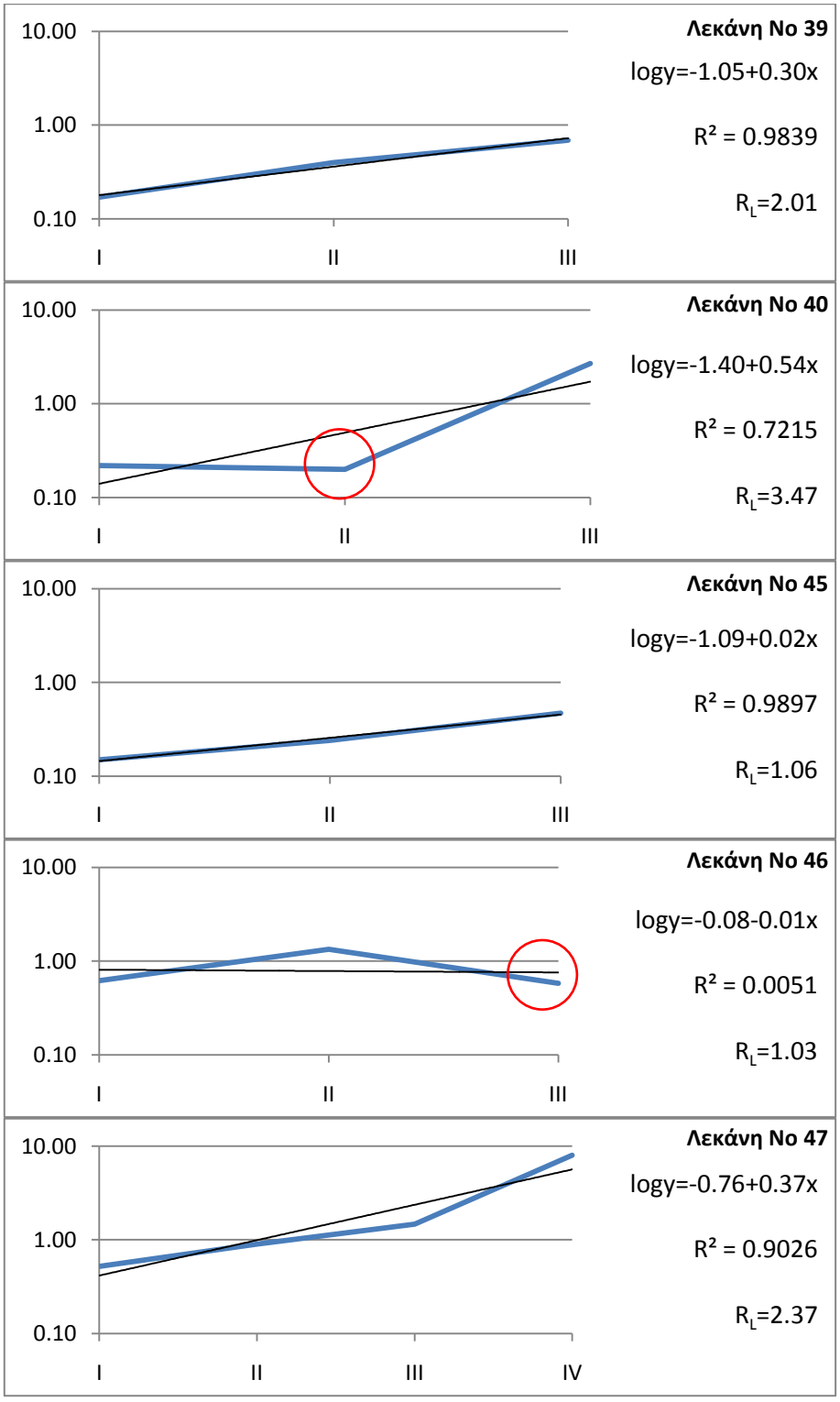
(συνέχεια Σχήμα Π. 6)



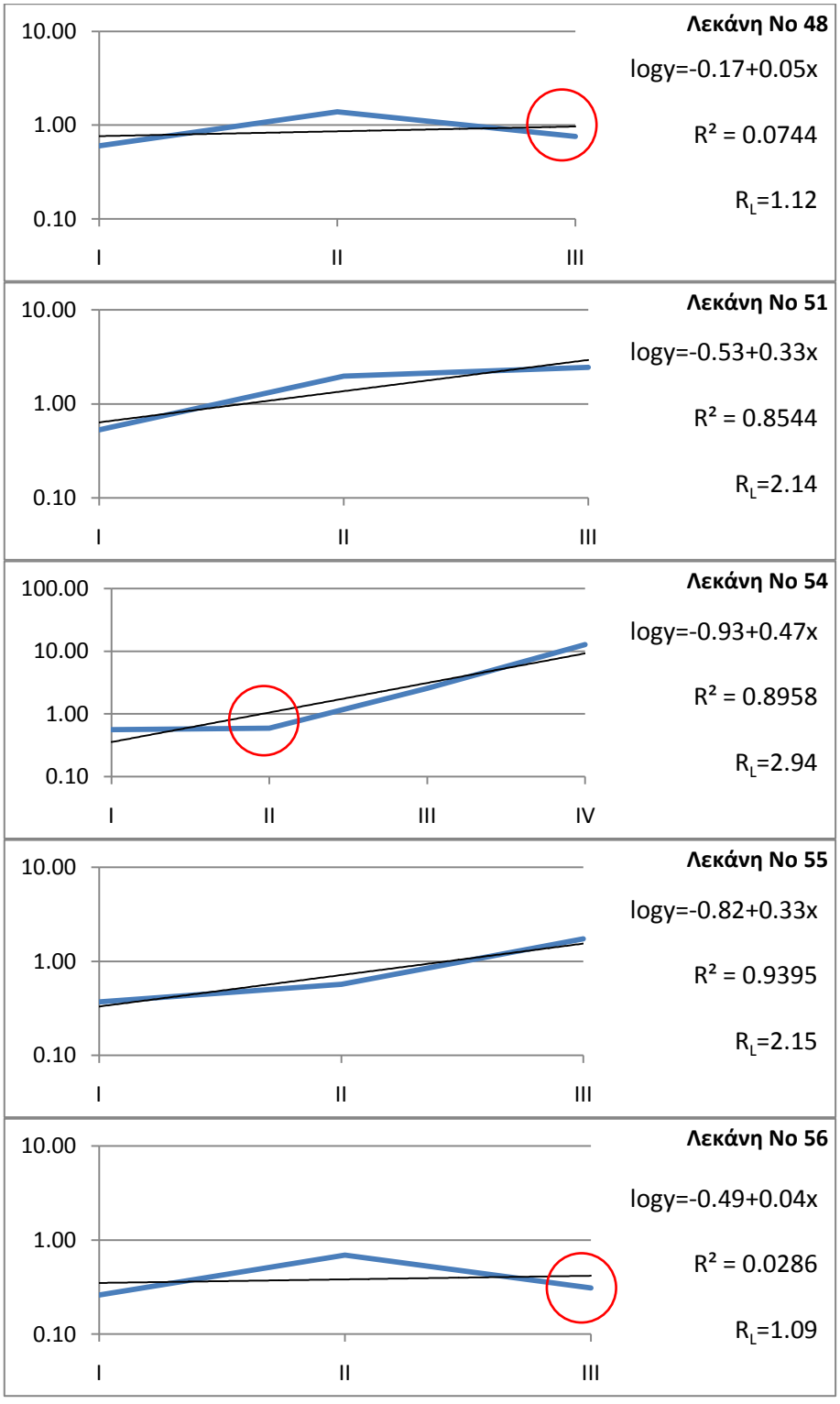
Σχήμα Π. 7. Ημιλογαριθμικά διαγράμματα μέσου μήκους κλάδων προς την τάξη των κλάδων (SLu-u). Σε κάθε διάγραμμα σημειώνεται η εξίσωση του 2^{ου} Νόμου του Horton, ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) καθώς και ο συντελεστής μήκους (RL). Η μπλε γραμμή αφορά την πραγματική κατάσταση και η μαύρη τη γραμμή τάσης από την οποία προκύπτει η κλίση και κατά επέκταση ο συντελεστή μήκους. Με κόκκινους κύκλους σημειώνονται οι περιπτώσεις που παρατηρούνται αποκλίσεις, όπου δηλαδή το μήκος των κλάδων στην μεγαλύτερη τάξη μειώνεται σε σχέση με την προηγούμενη αντί να αυξάνεται. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται αφορούν μόνο δίκτυα 3^{ης} και άνω.



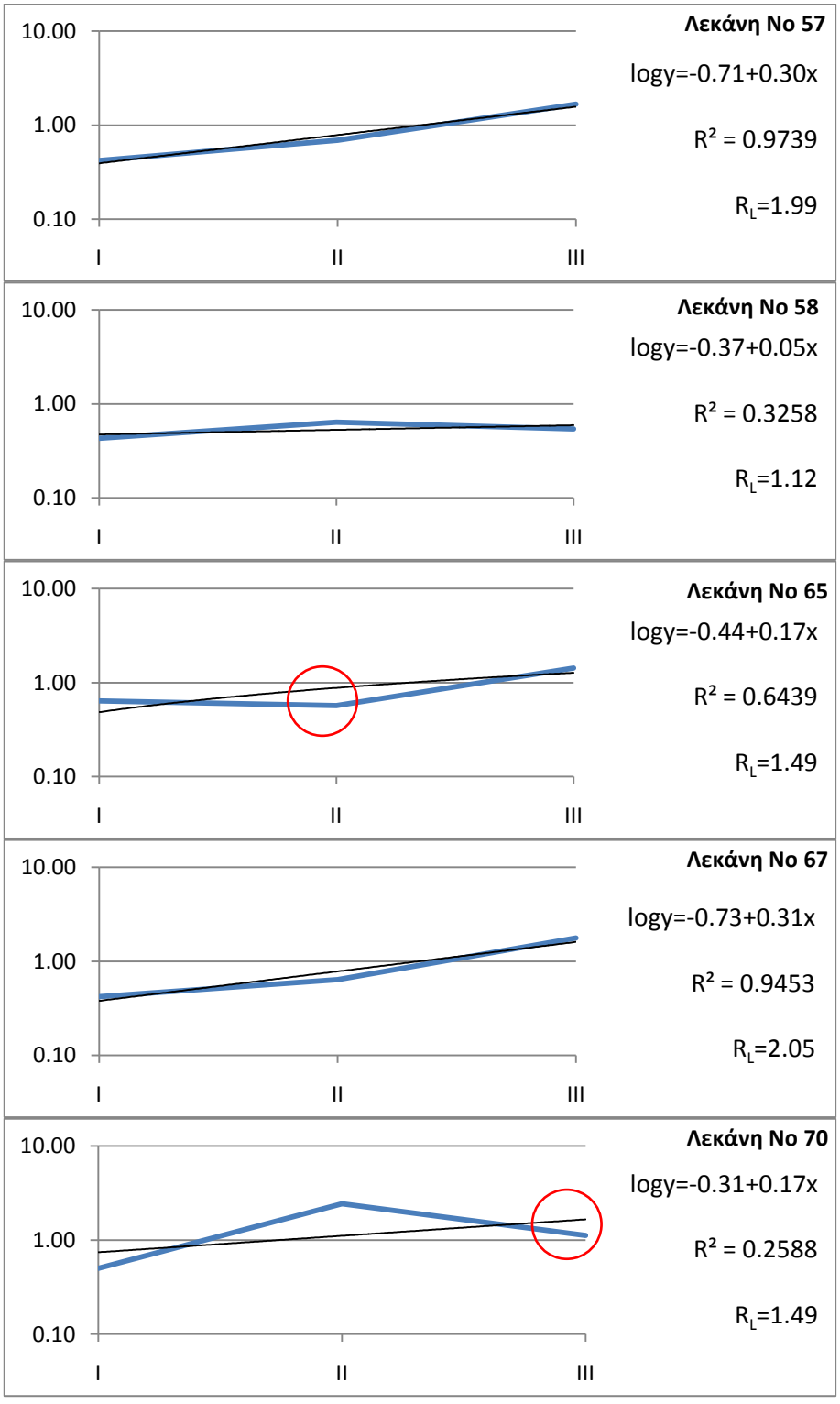
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



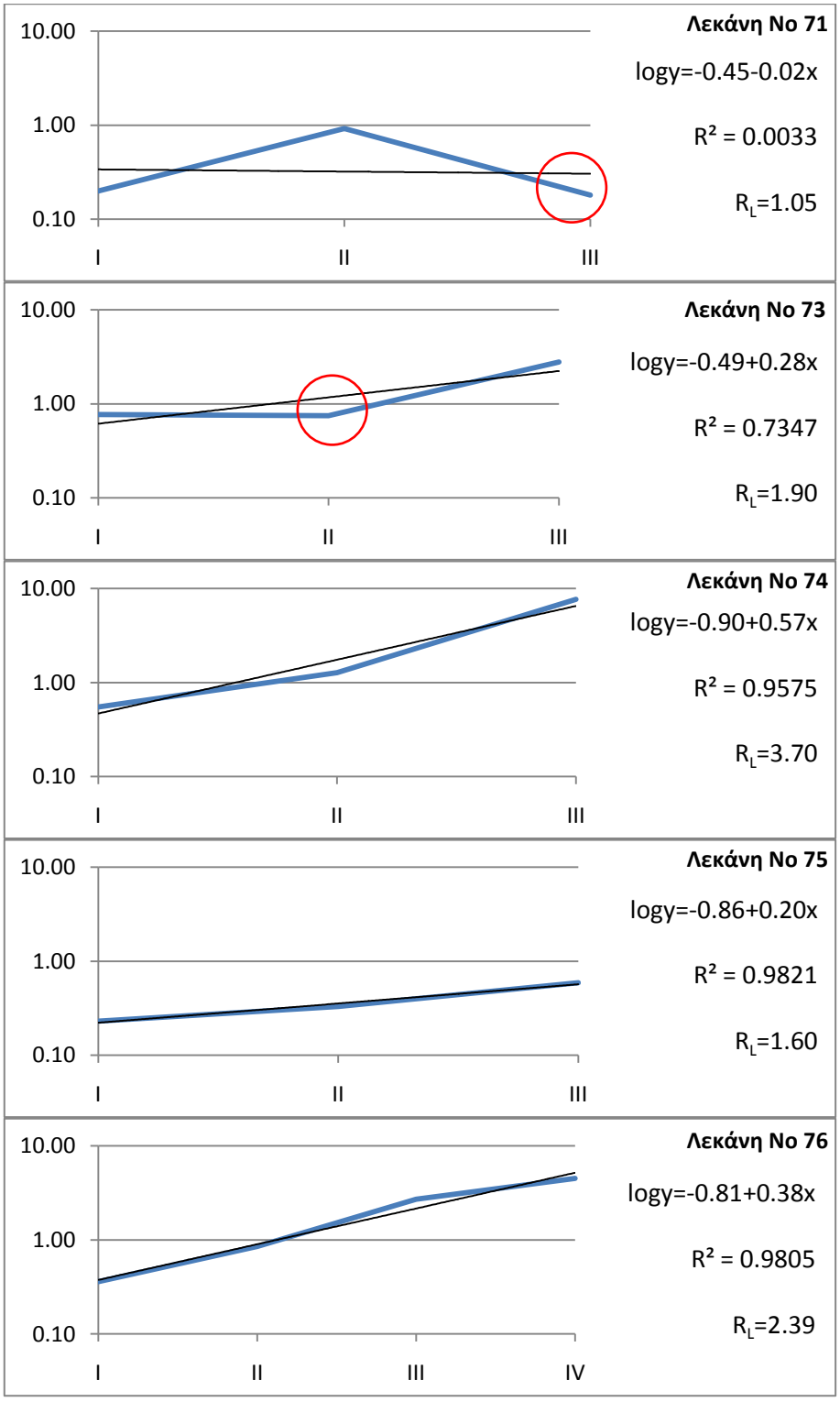
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



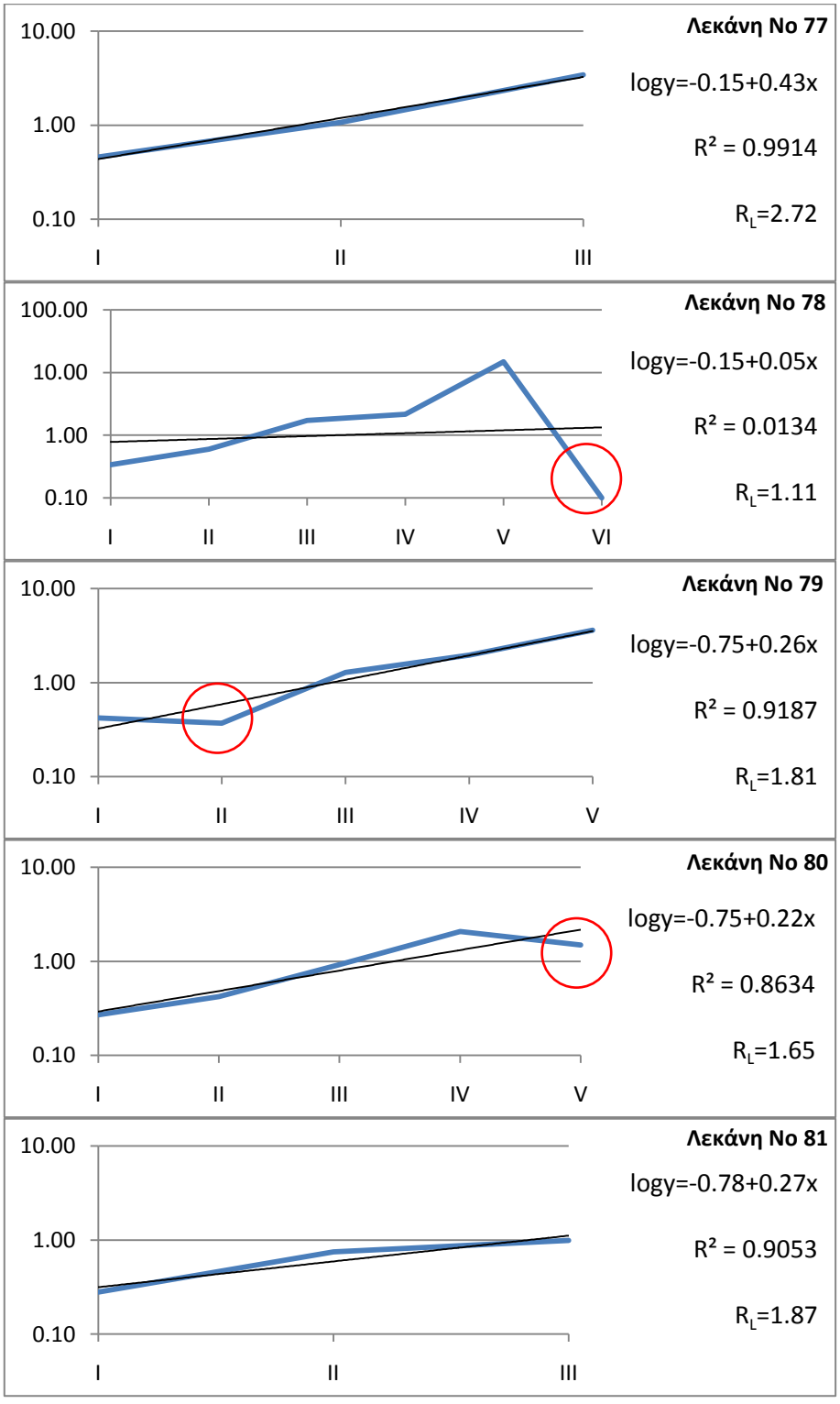
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



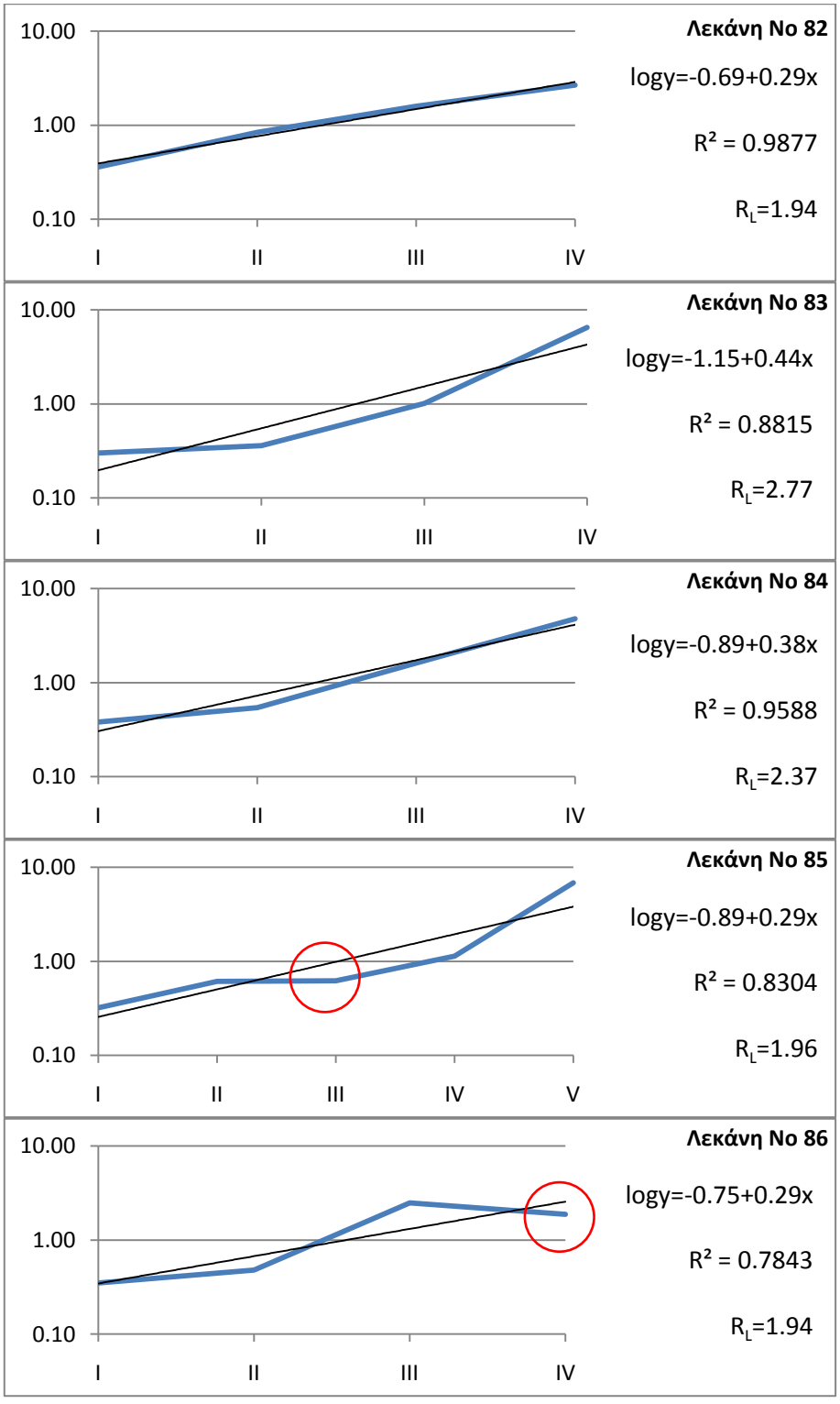
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



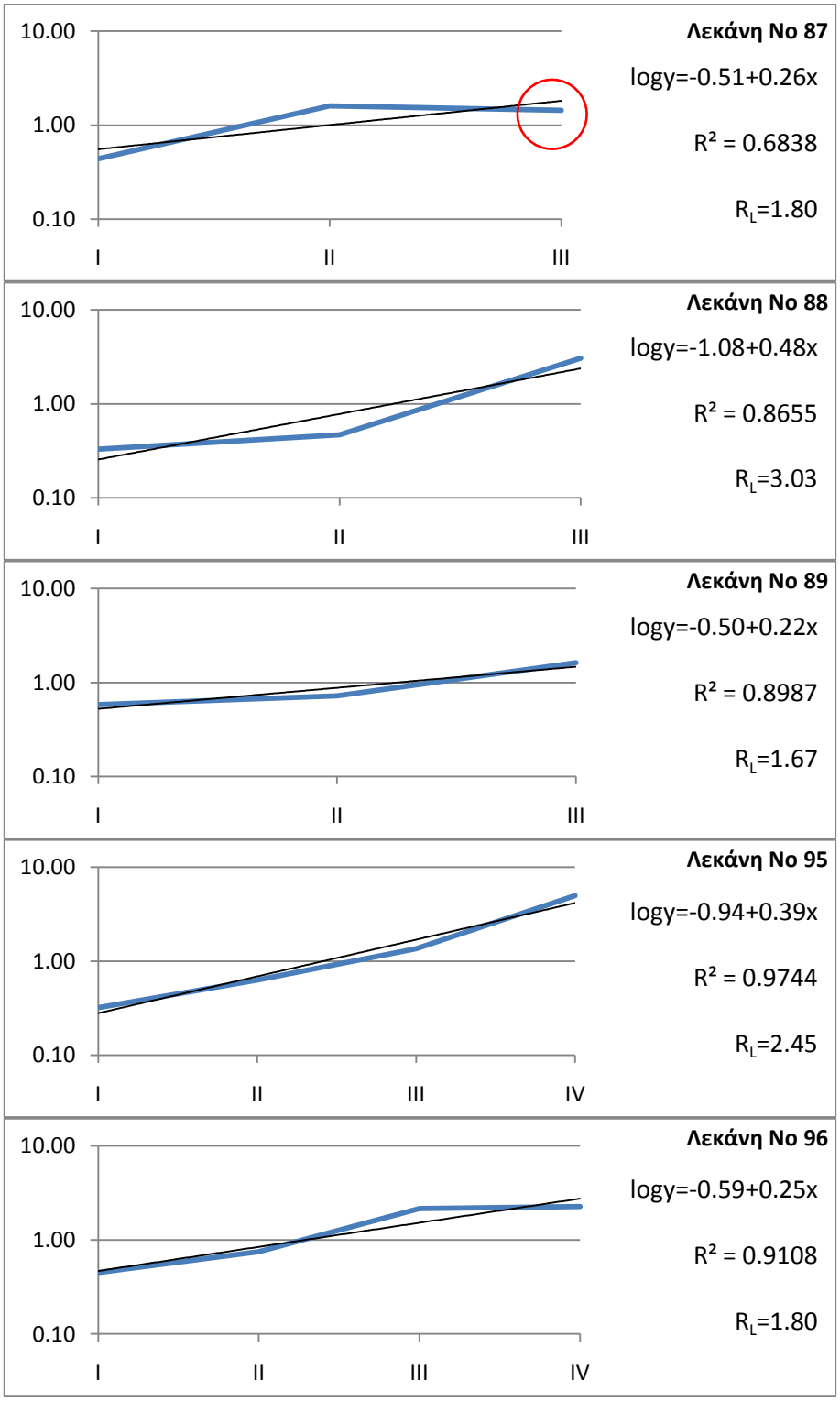
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



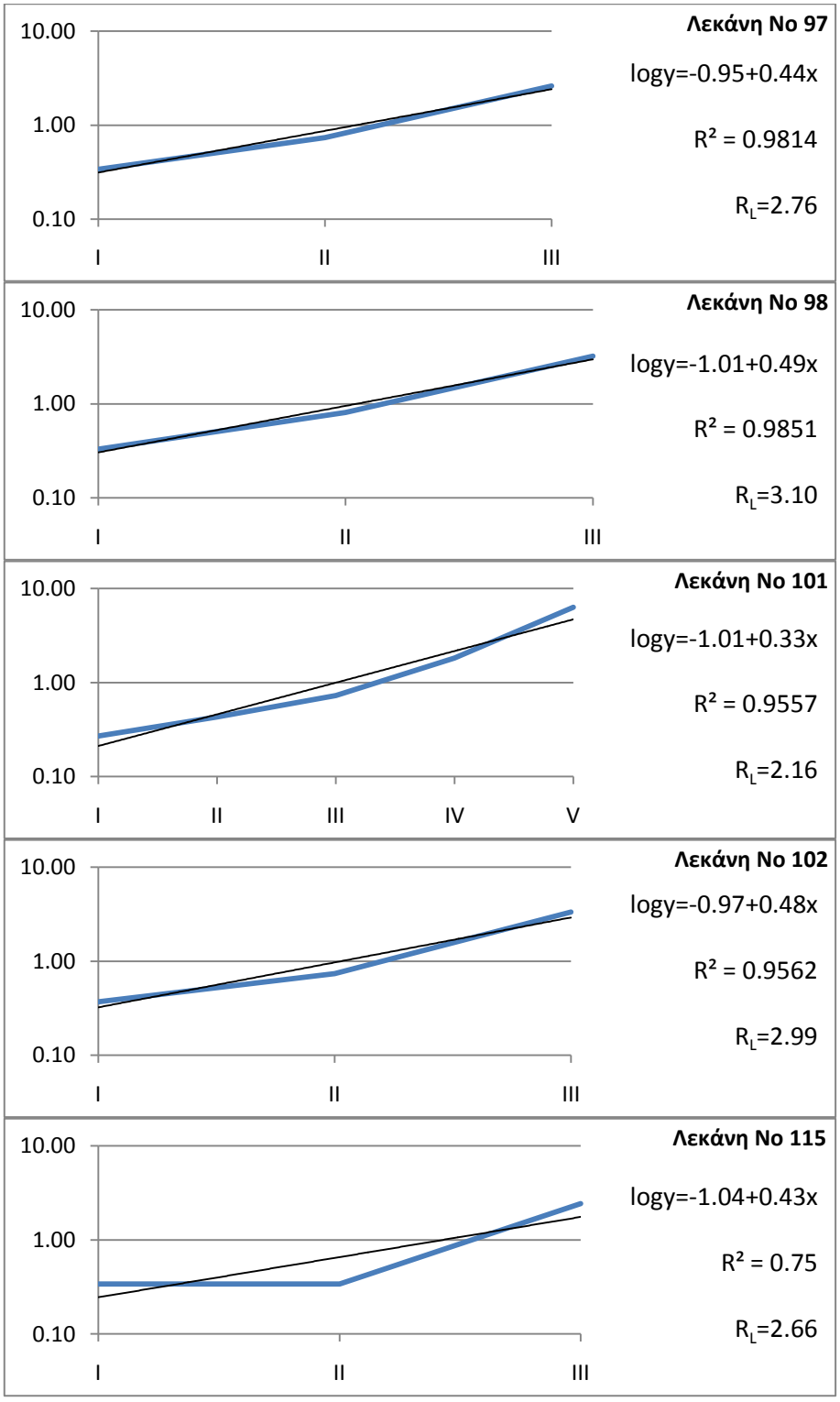
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



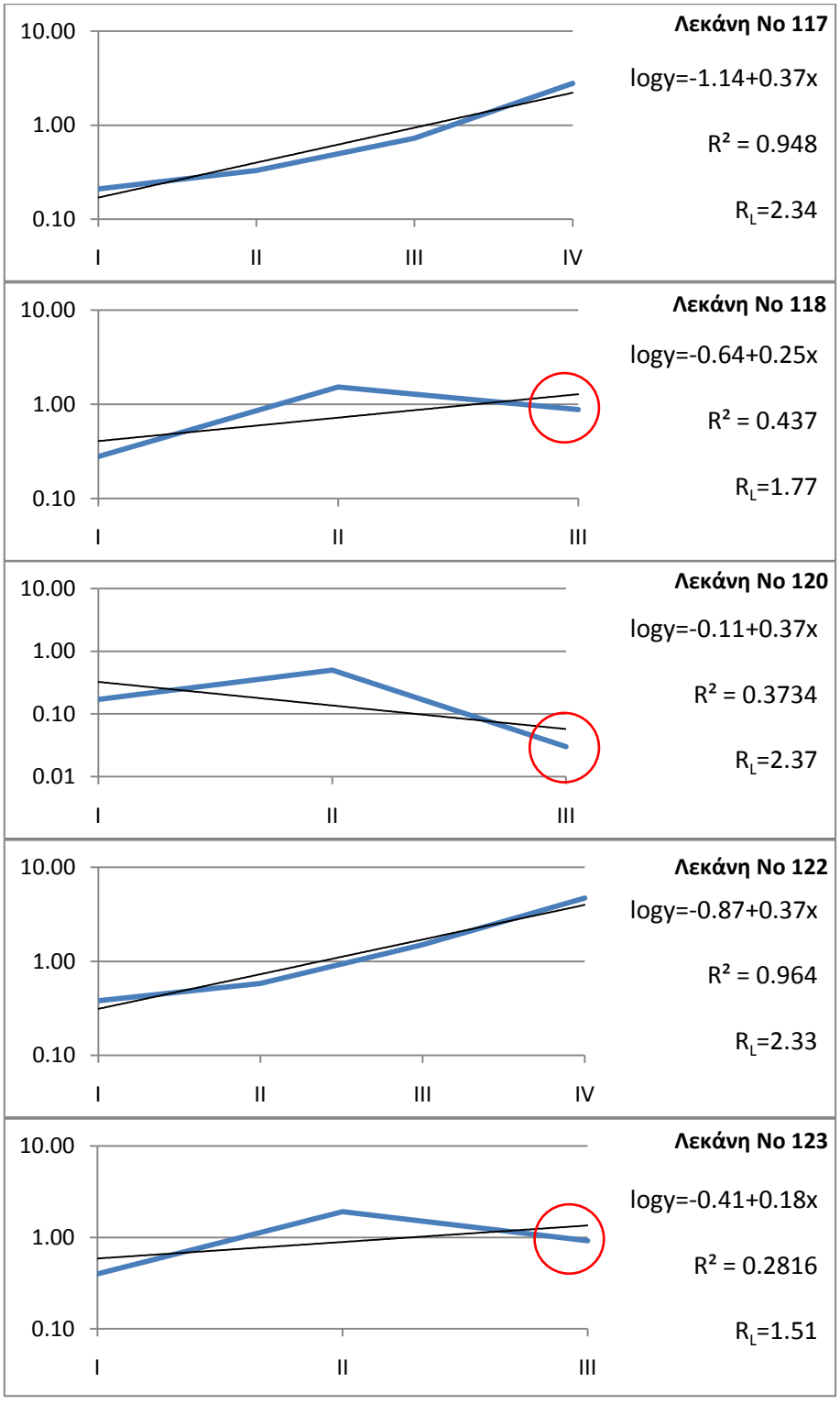
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



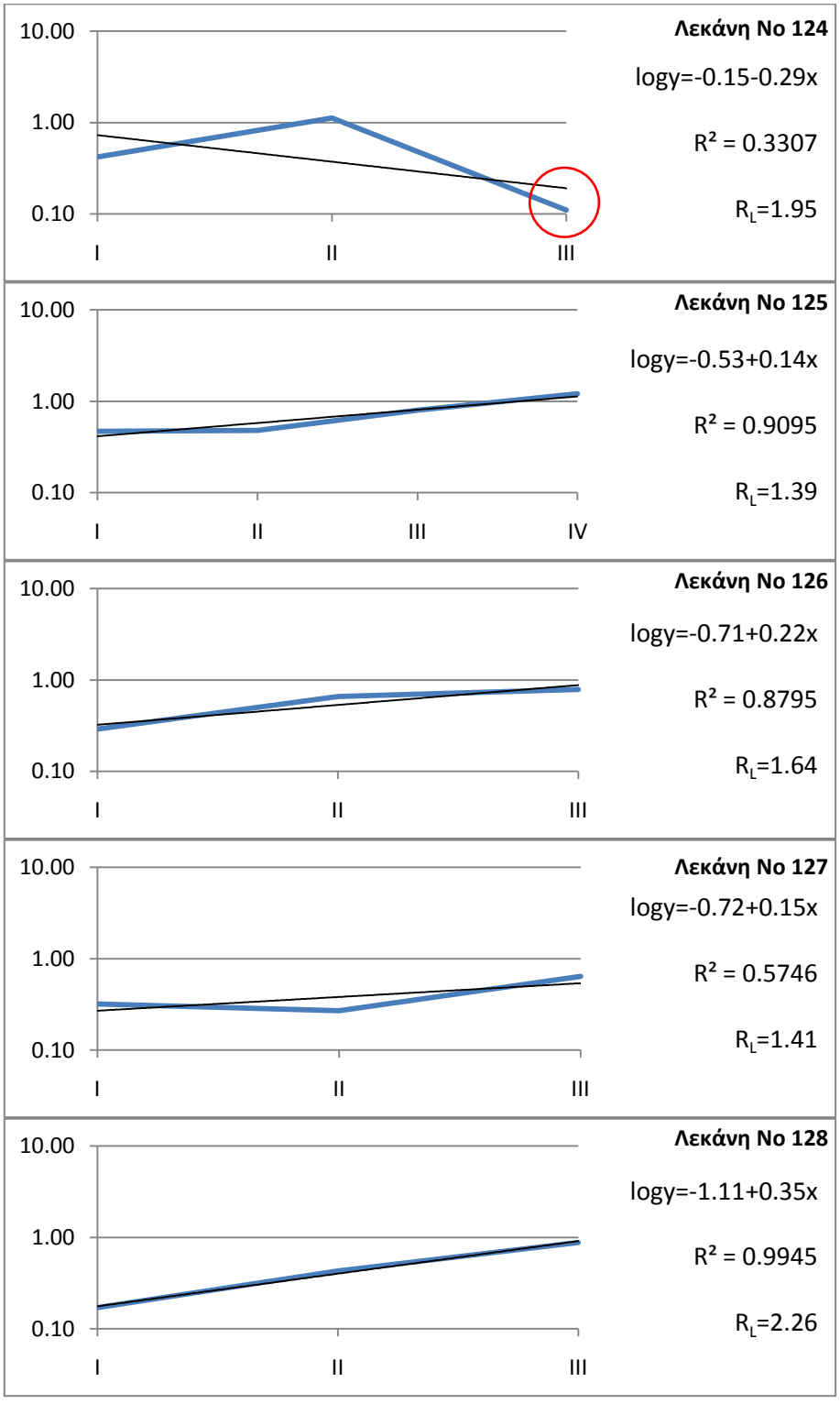
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



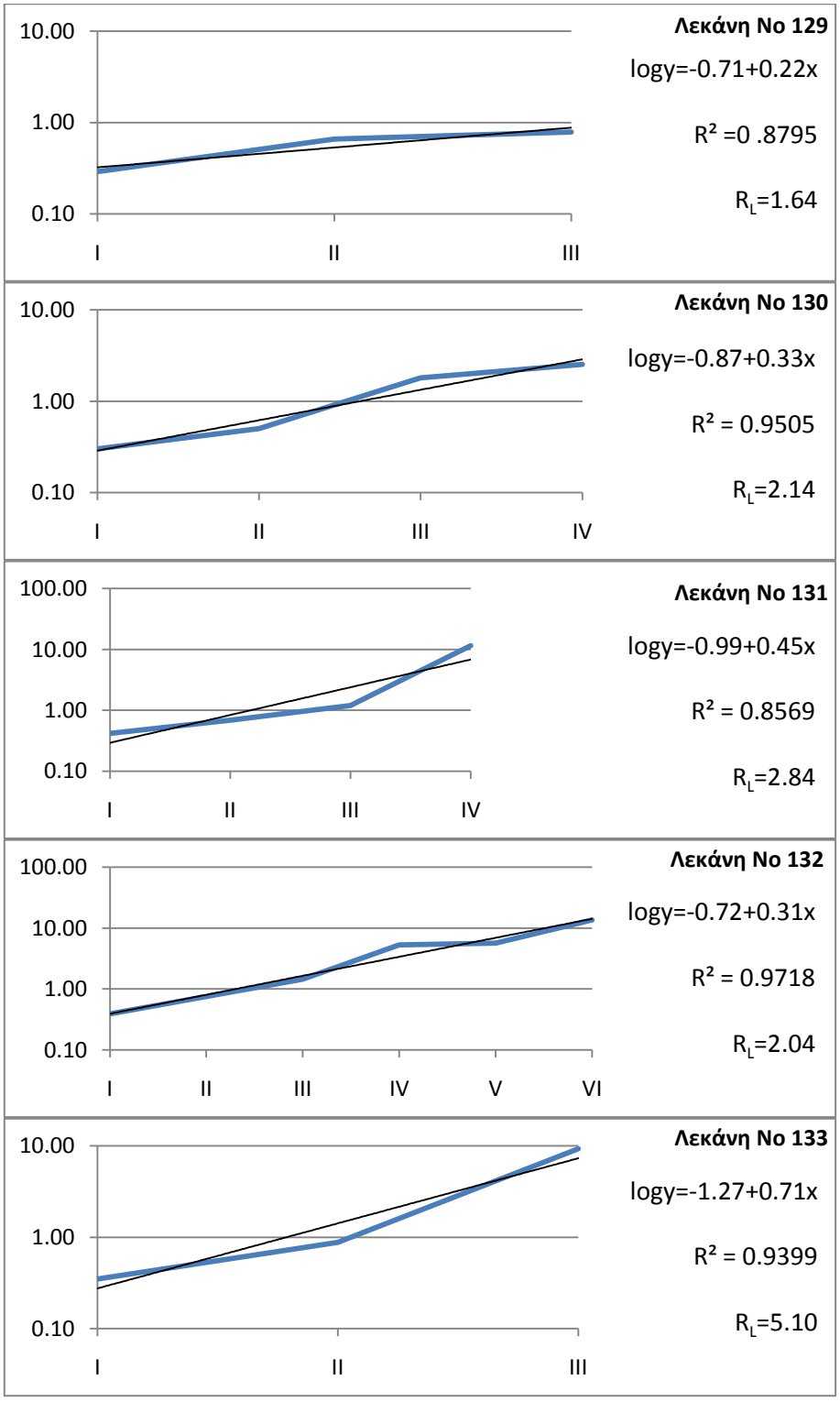
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



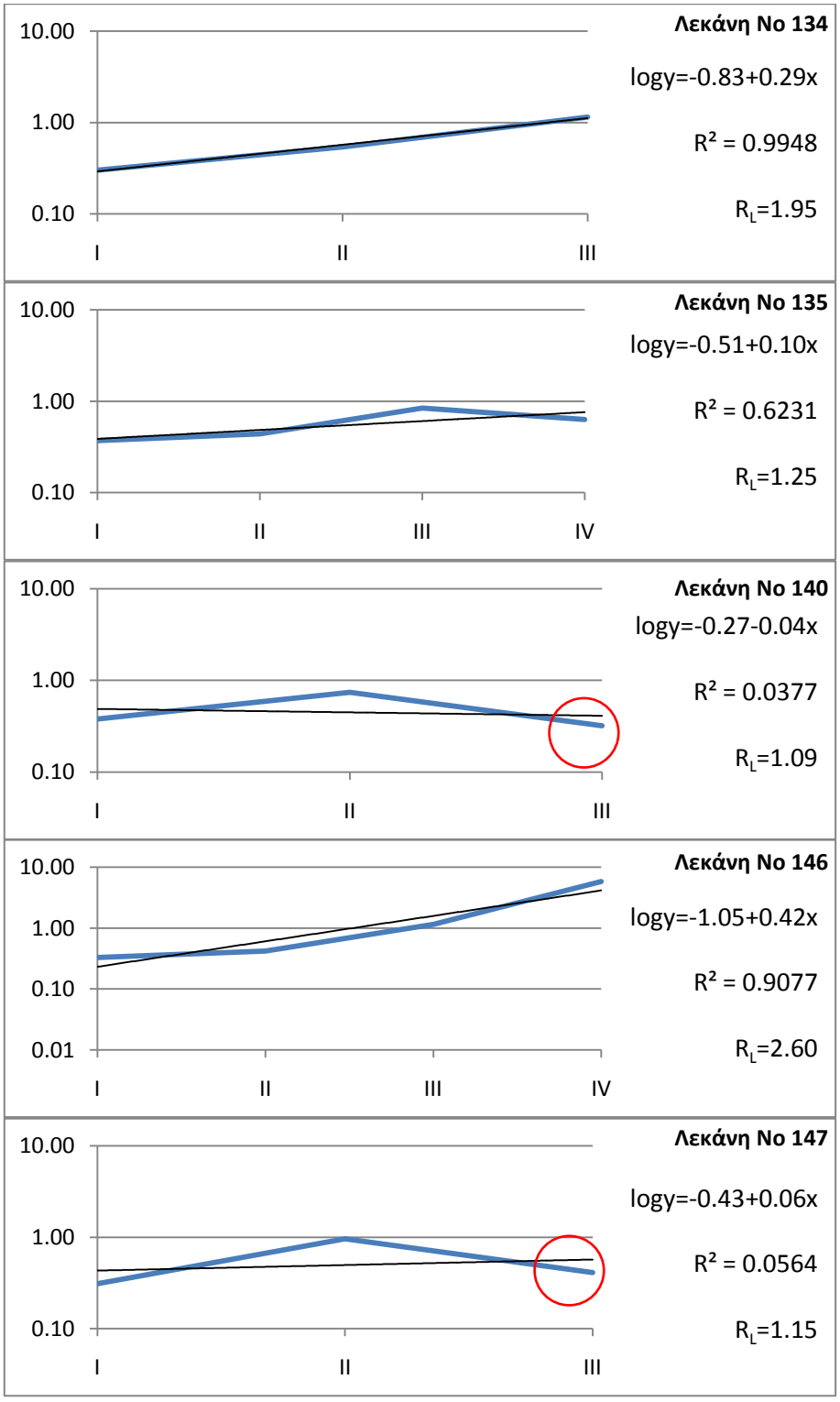
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



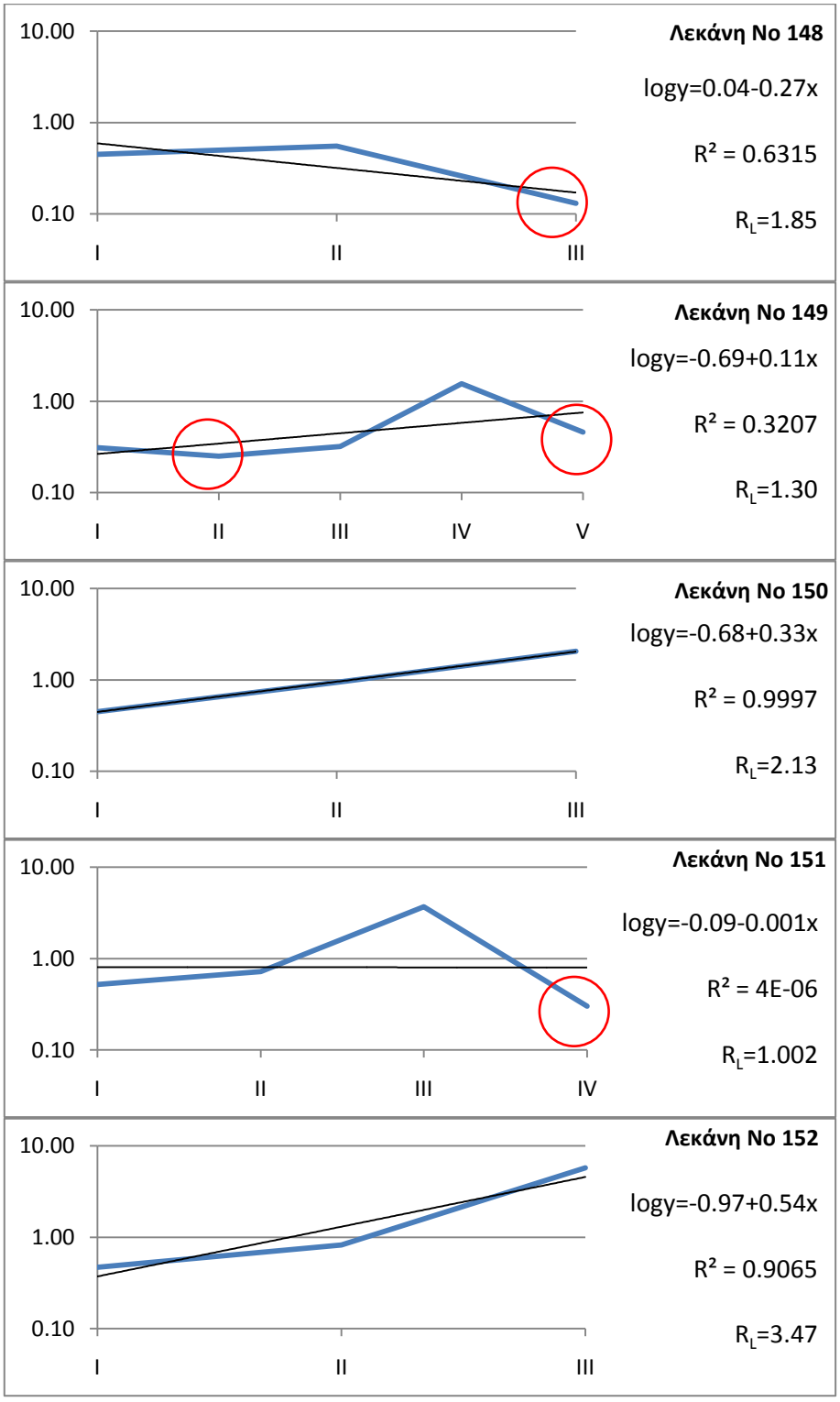
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



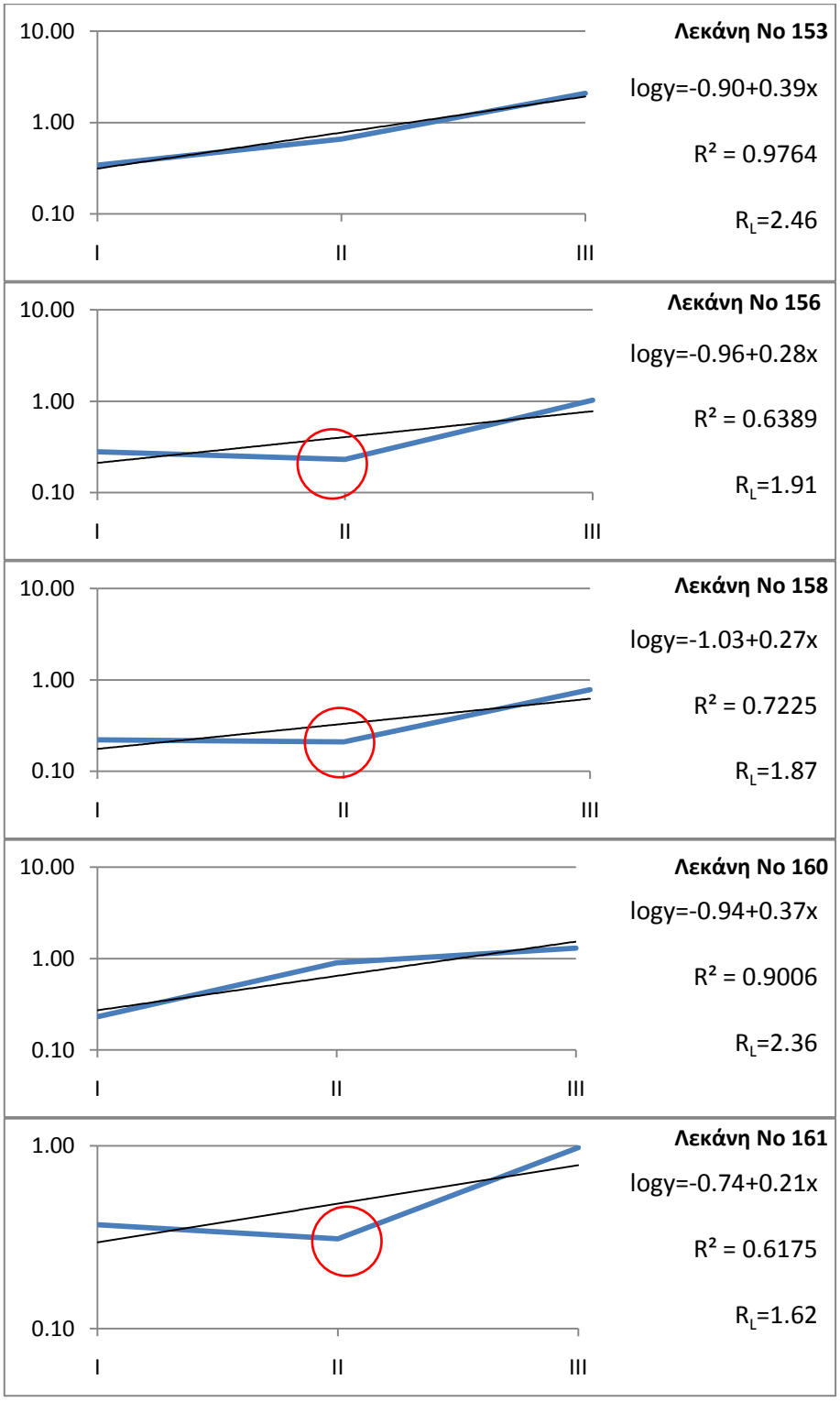
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



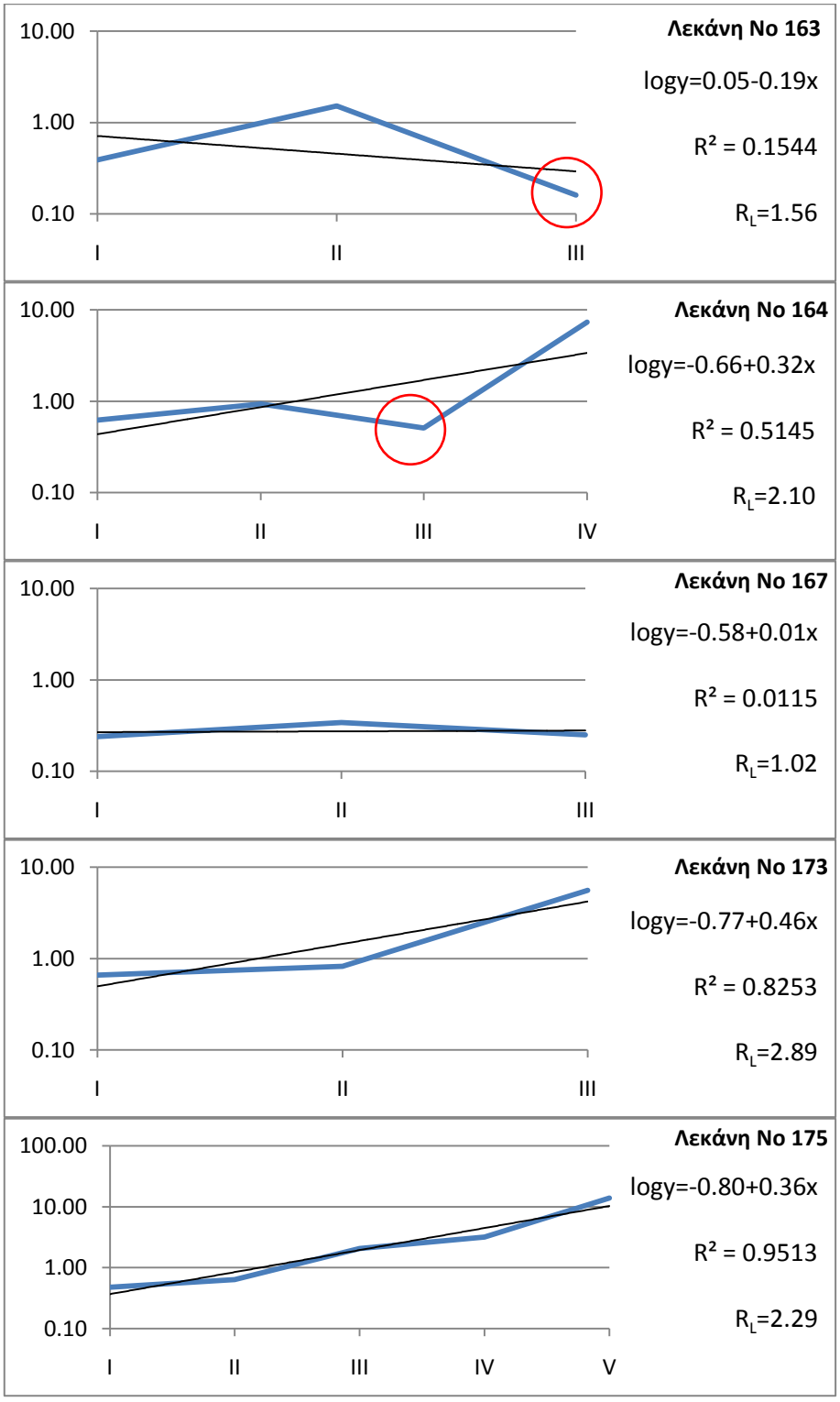
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



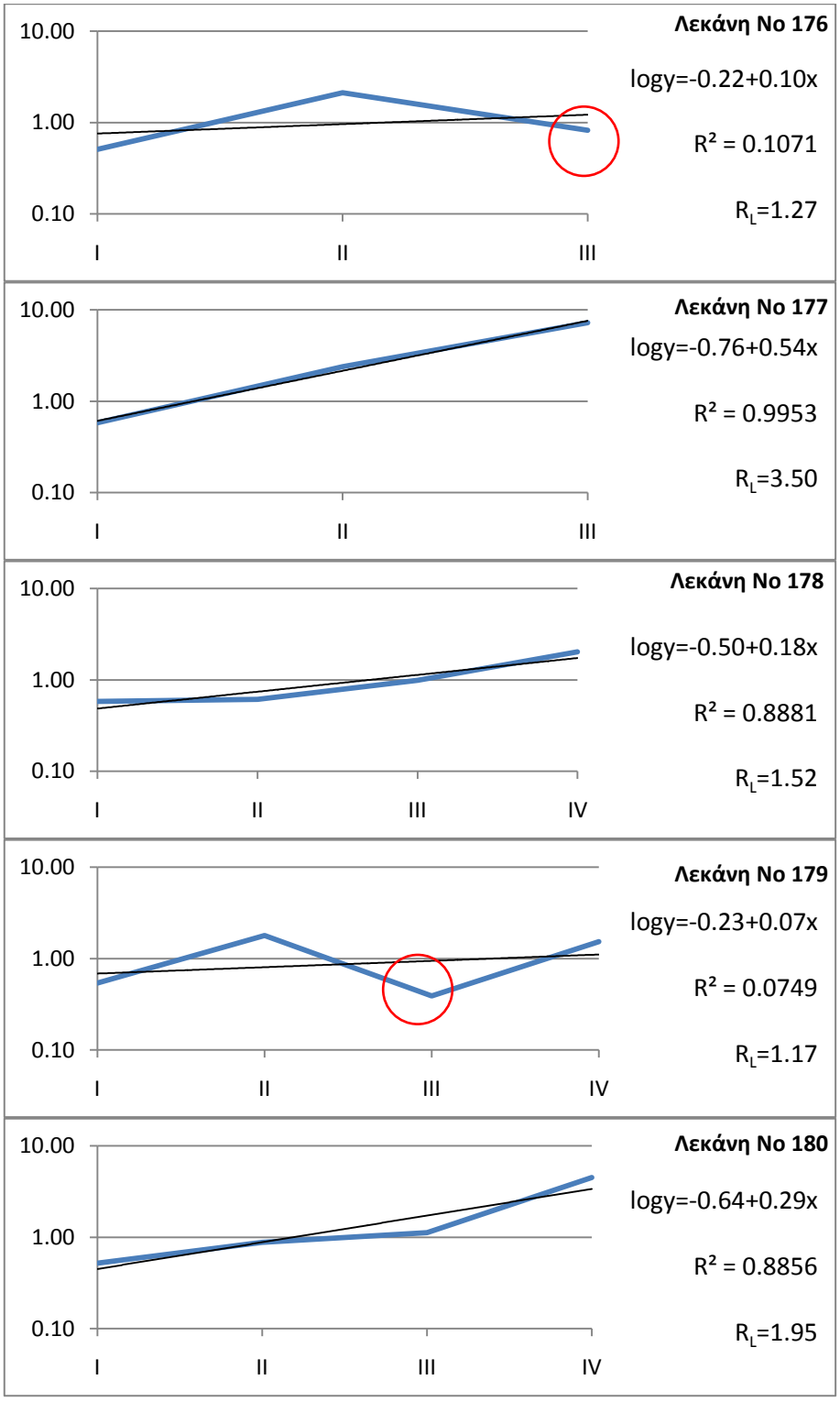
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



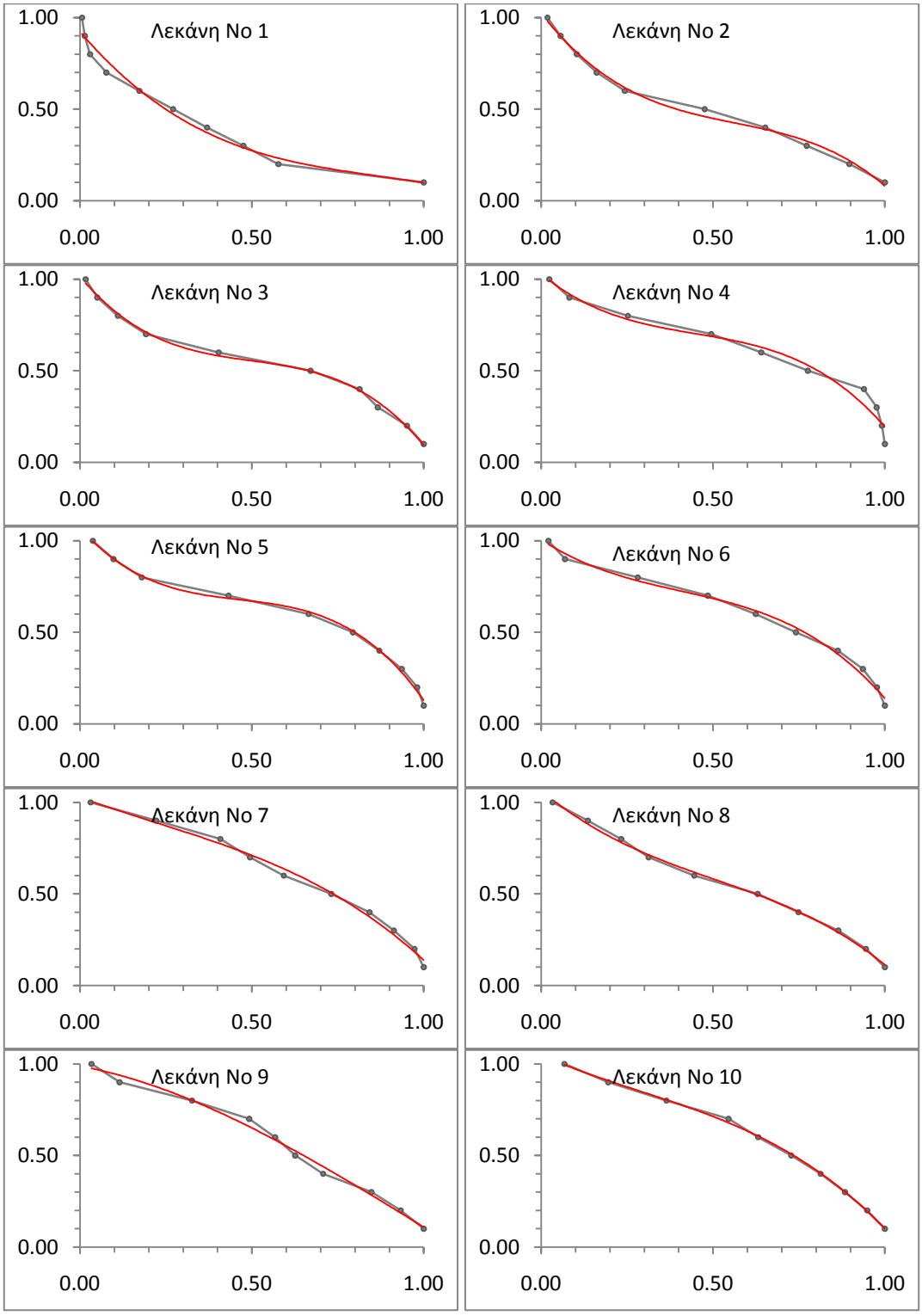
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



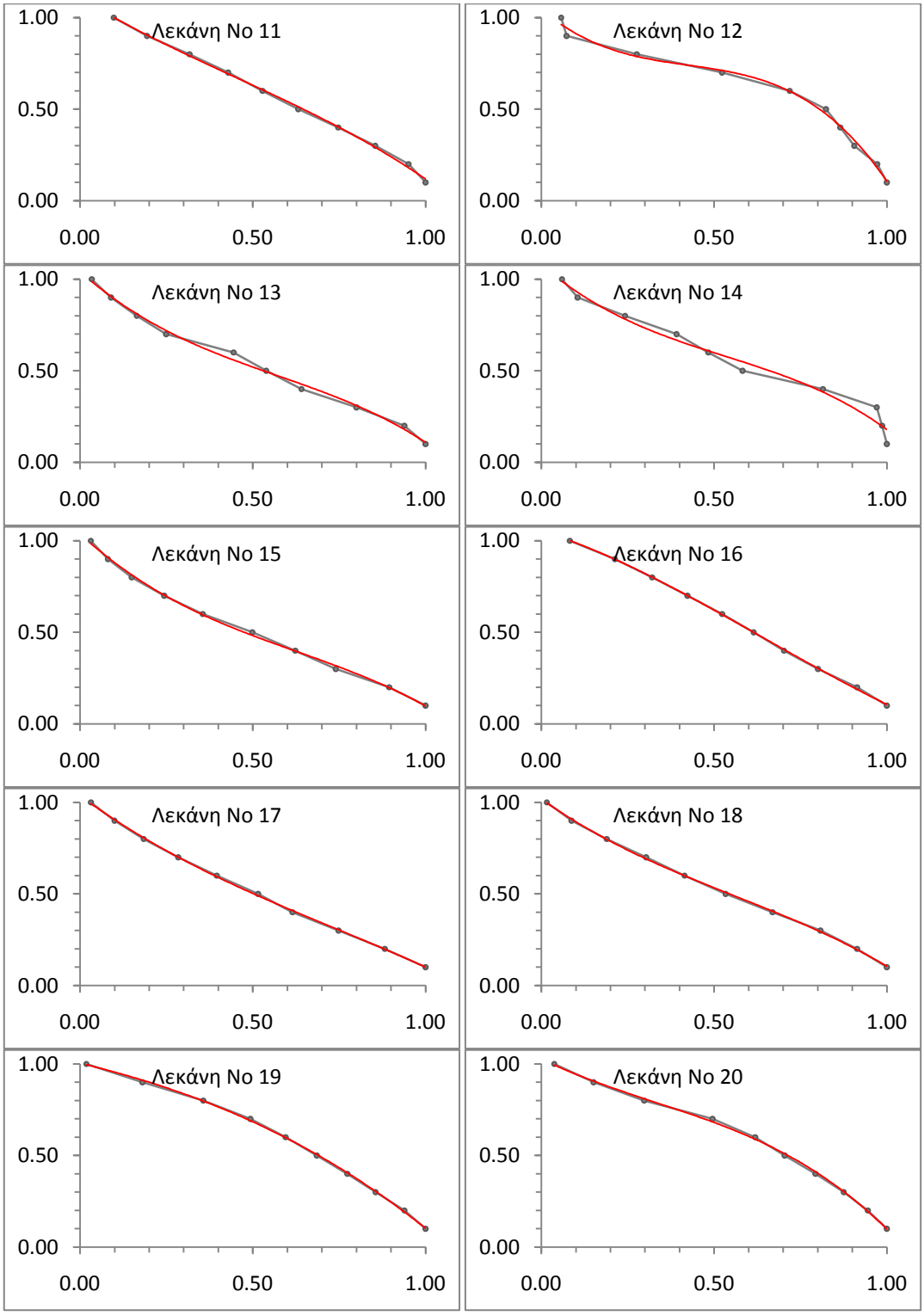
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



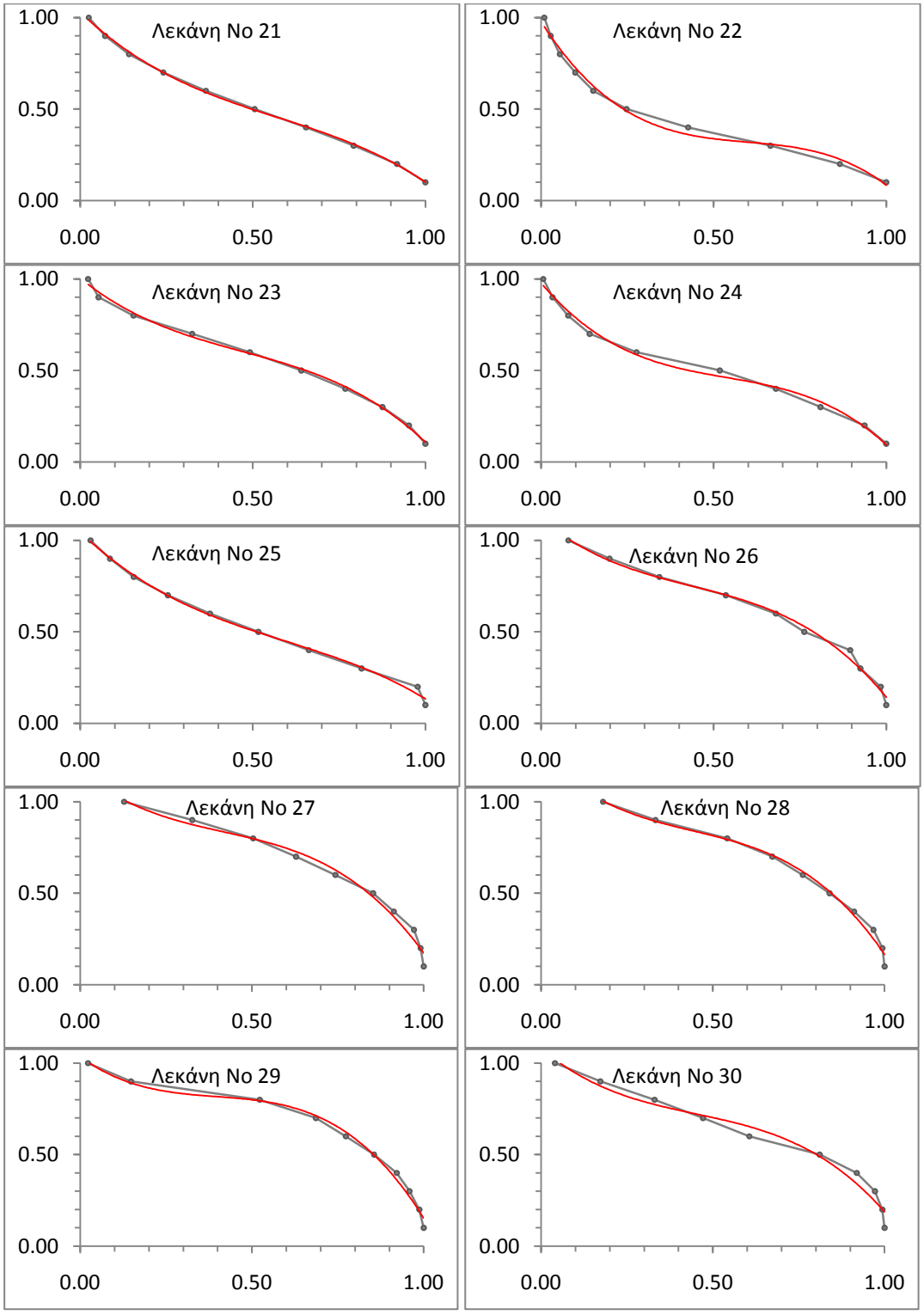
(συνέχεια Σχήμα Π. 7)



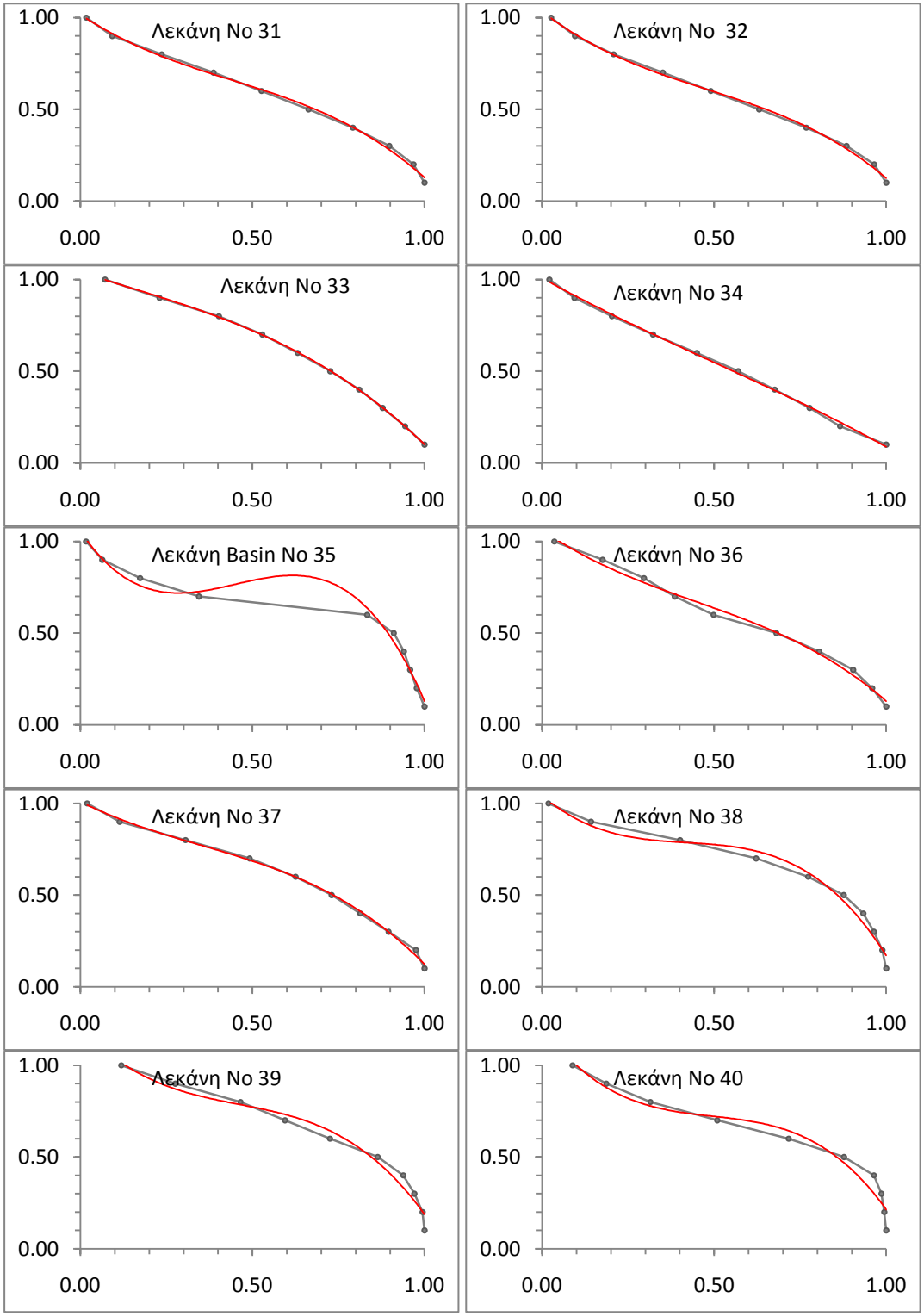
Σχήμα Π. 8. Υψομετρικές καμπύλες λεκανών απορροής (x: σχετικό εμβαδό, y: σχετικό υψόμετρο). Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται η 3^{ης} τάξης πολυωνυμική γραμμή τάσης.



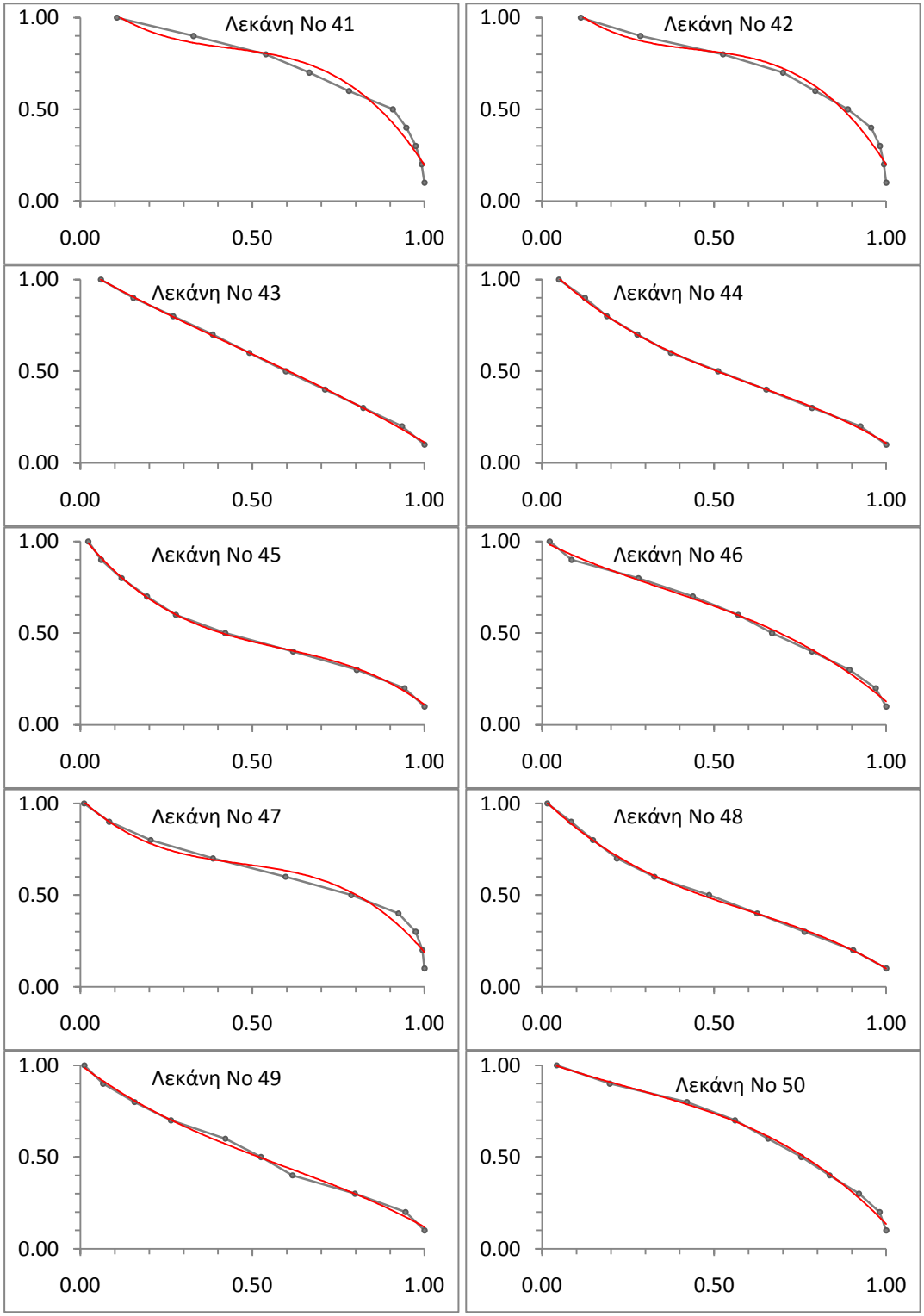
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



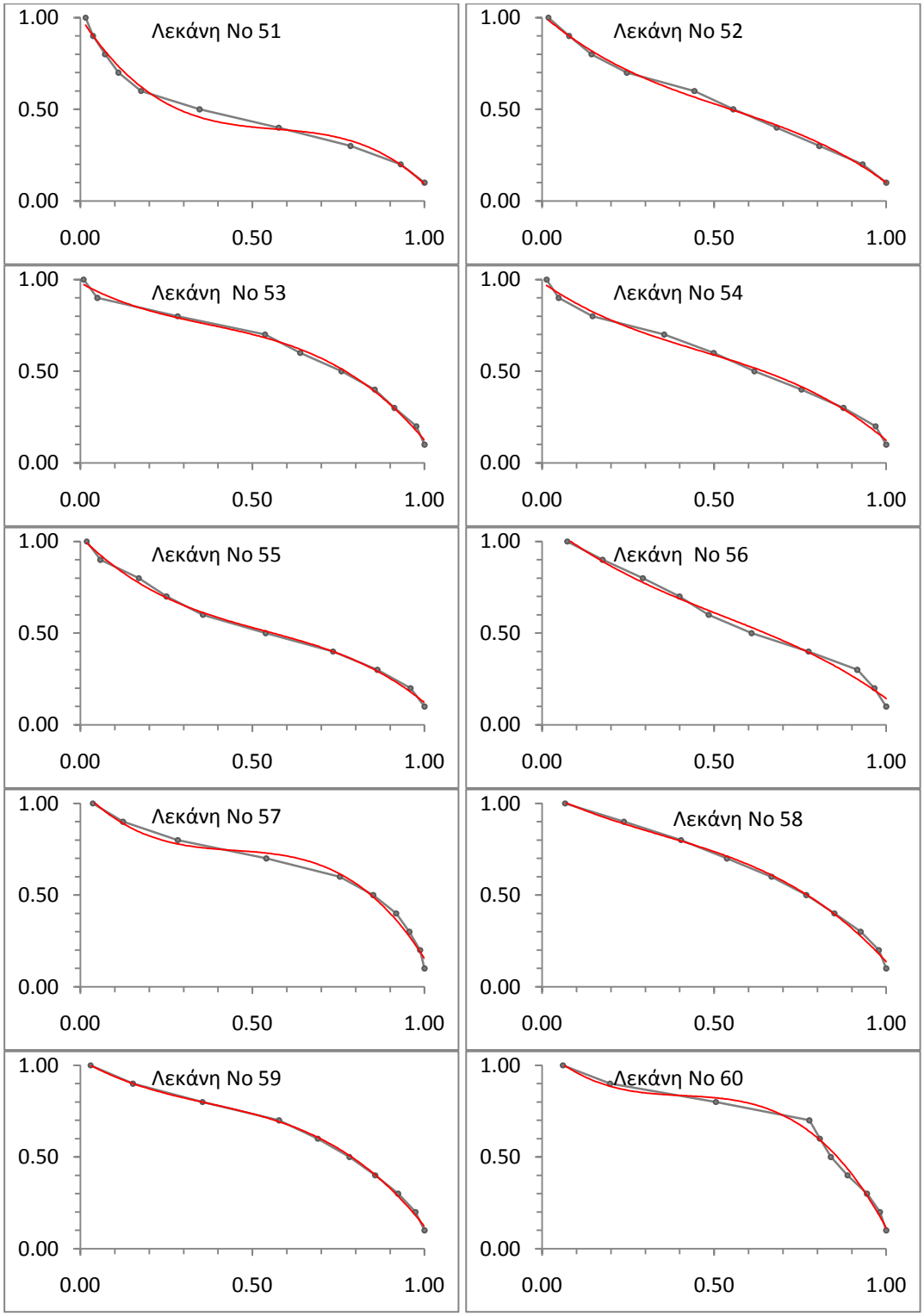
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



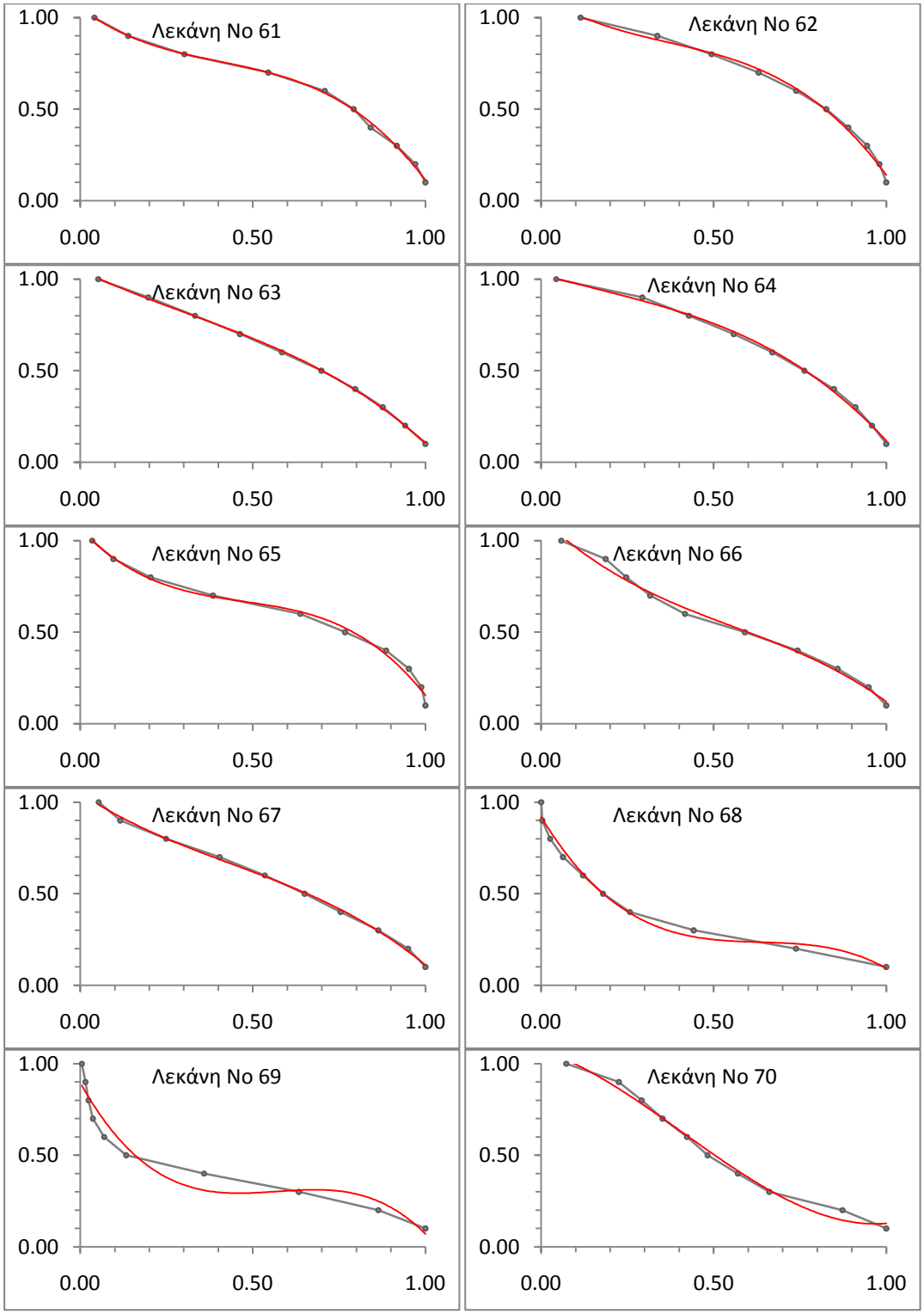
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



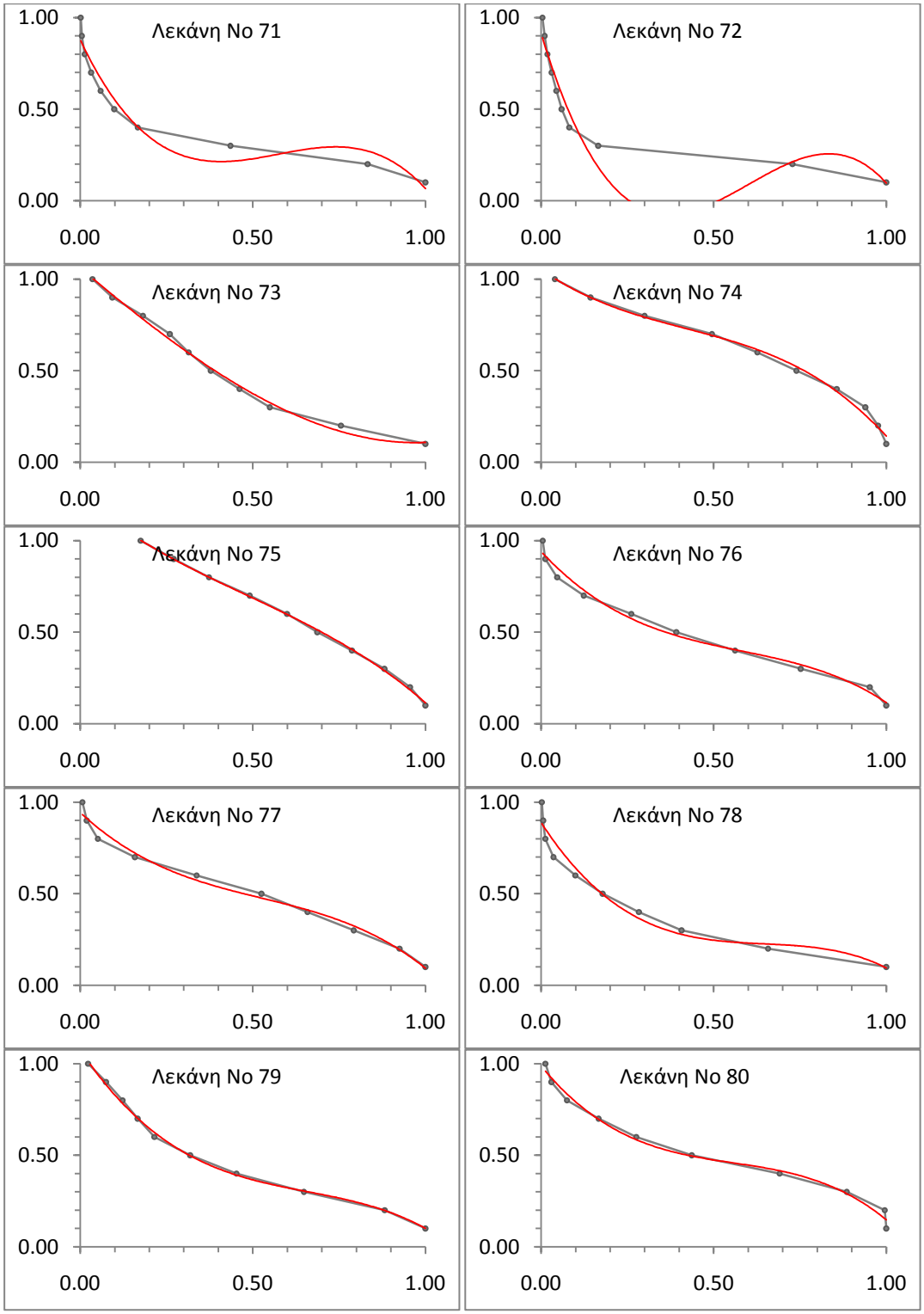
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



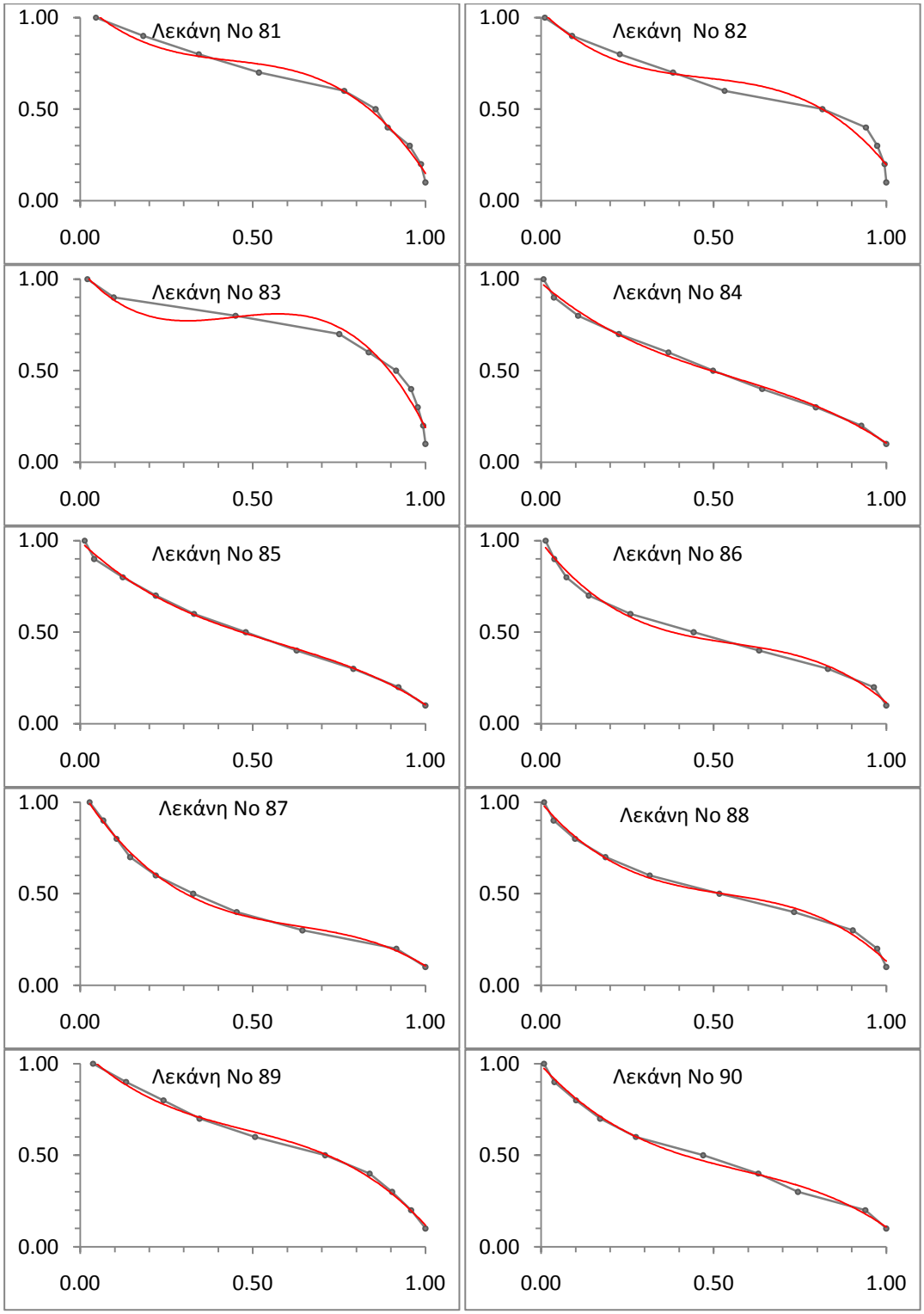
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



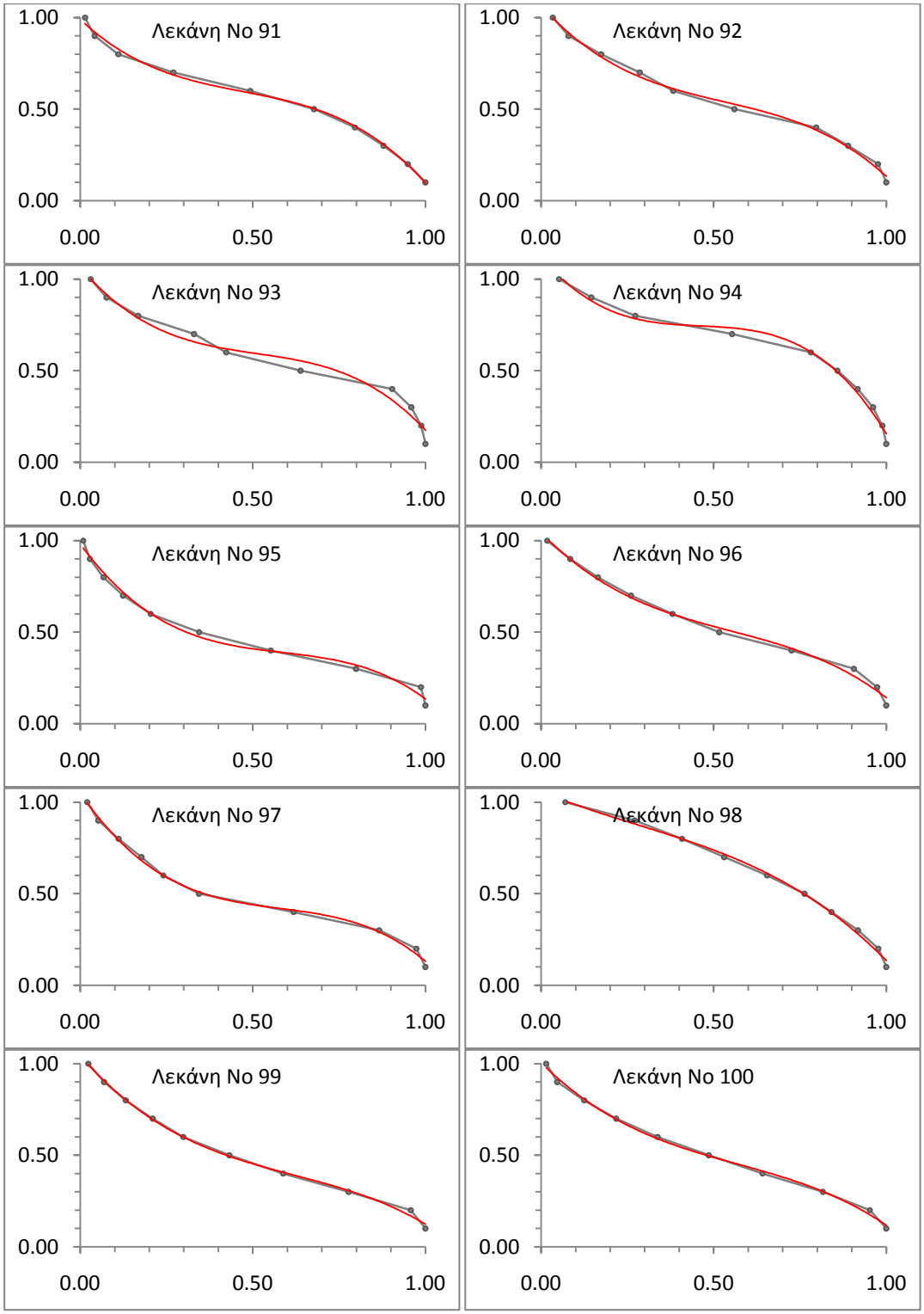
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



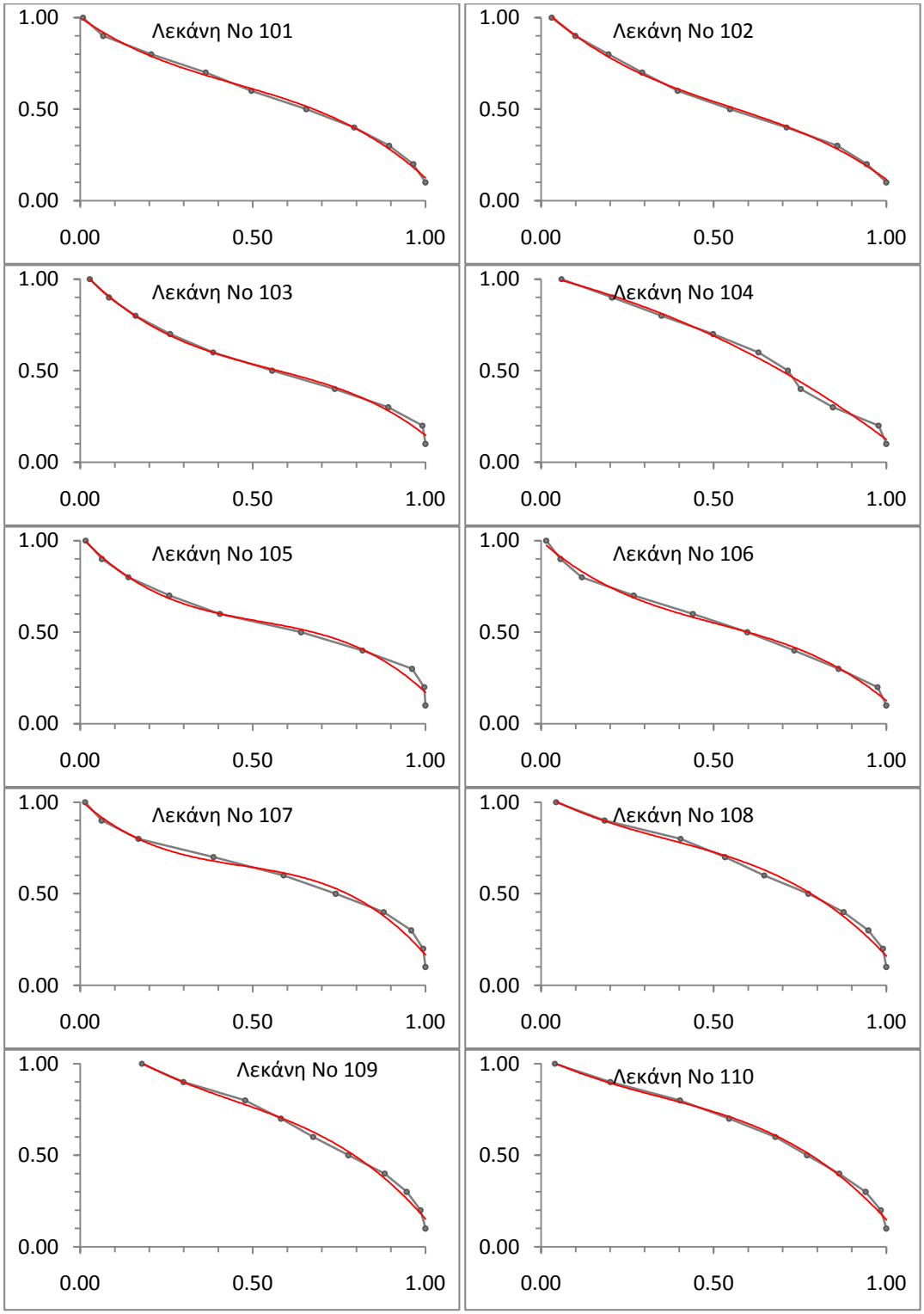
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



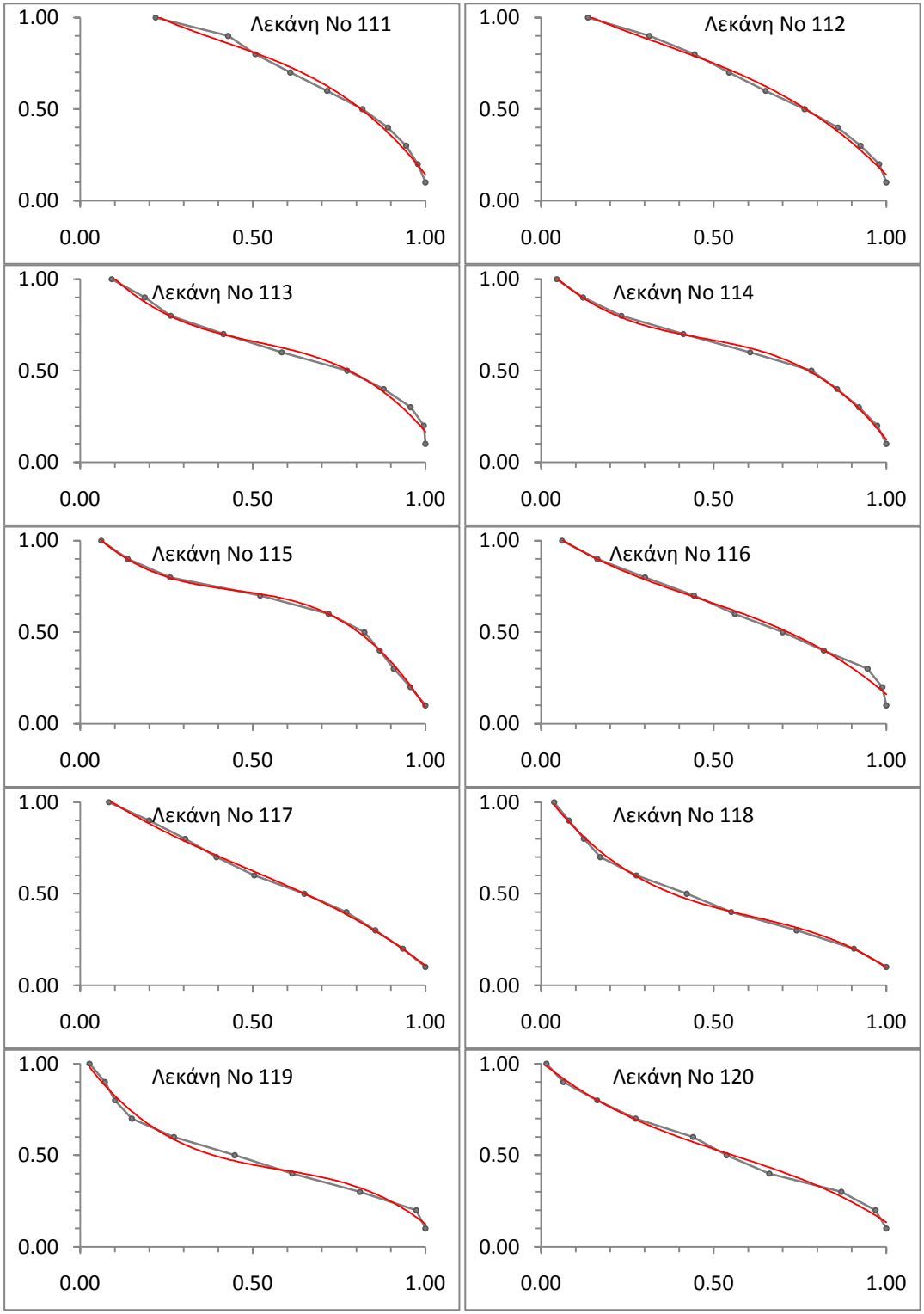
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



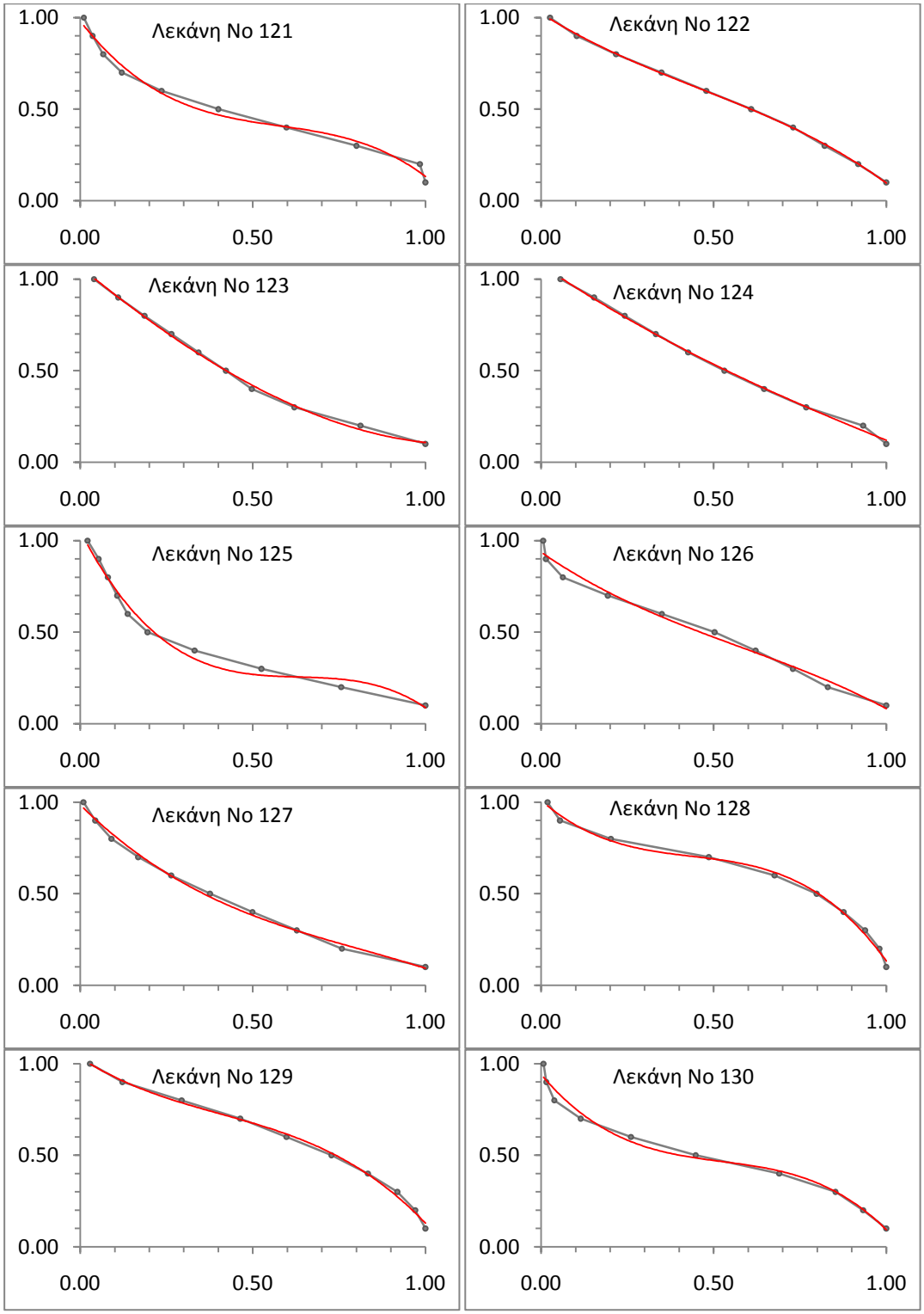
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



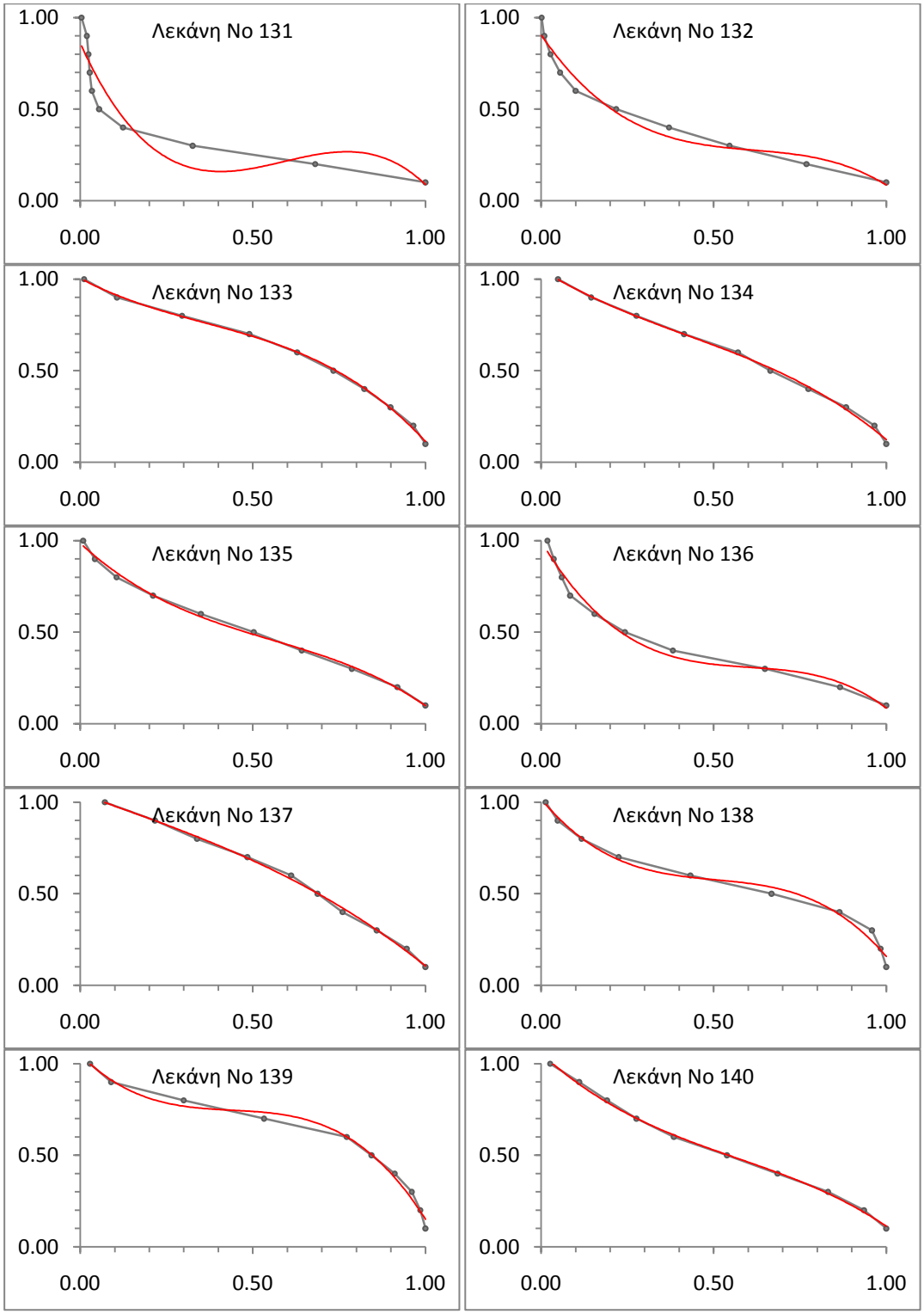
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



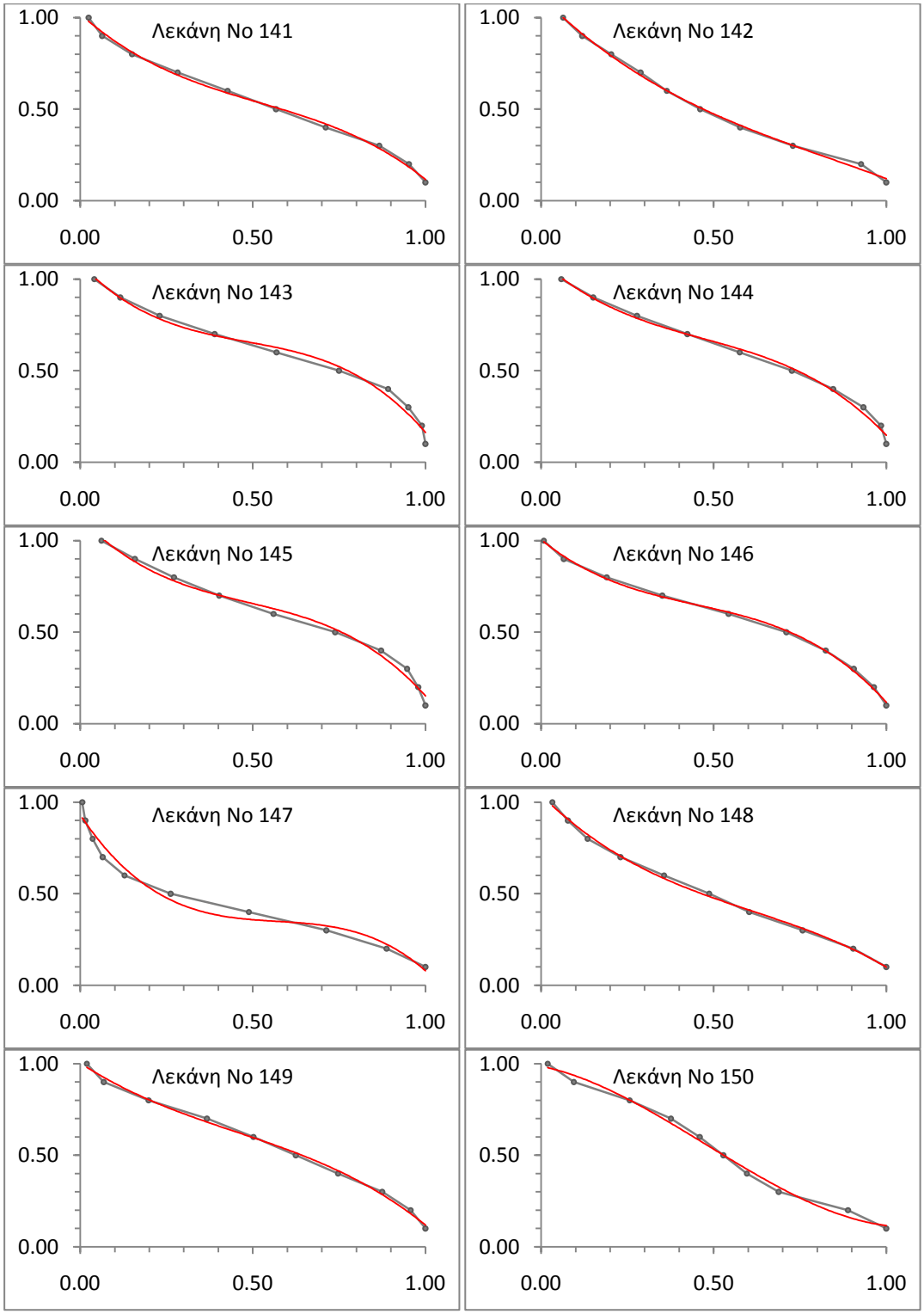
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



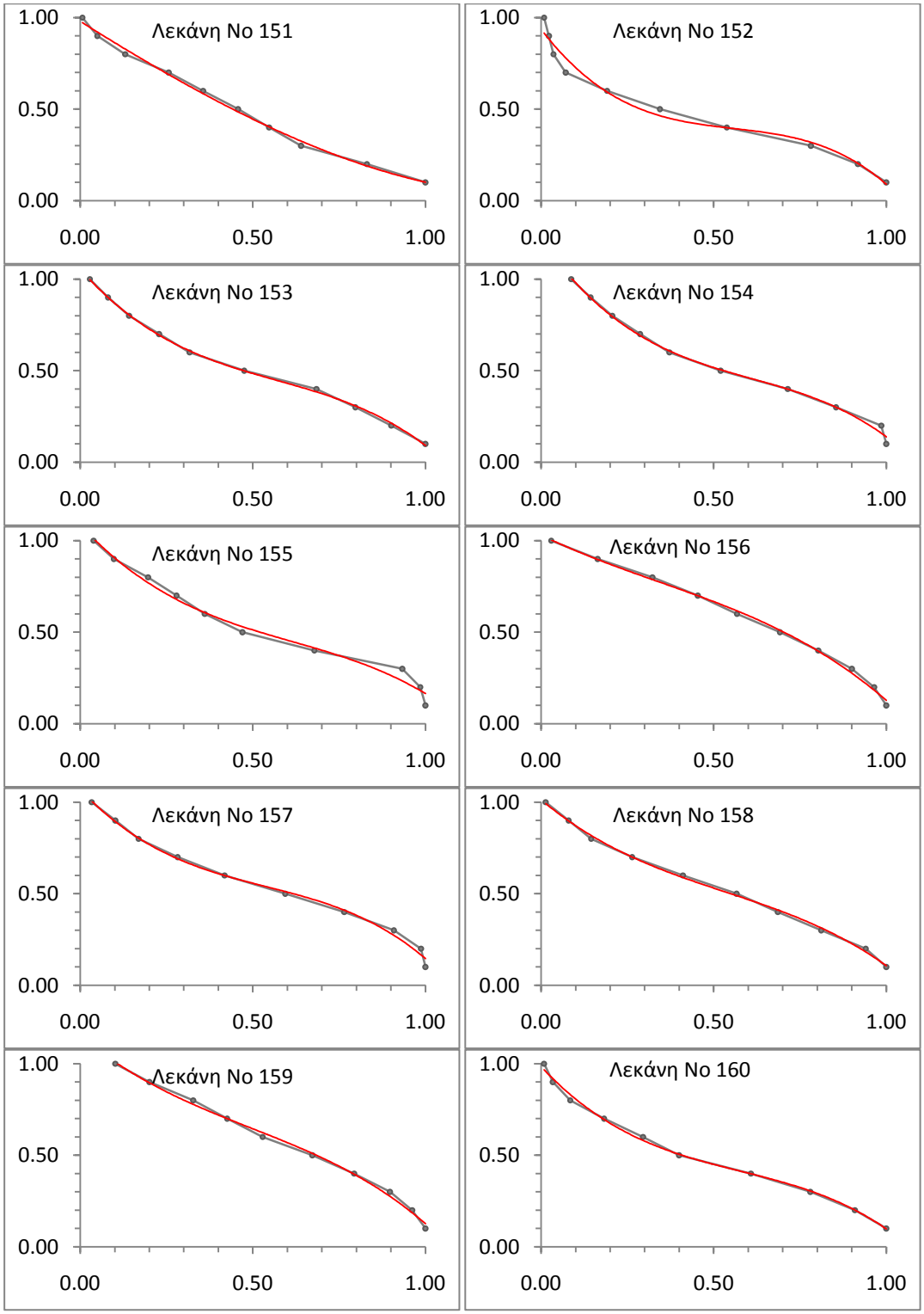
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



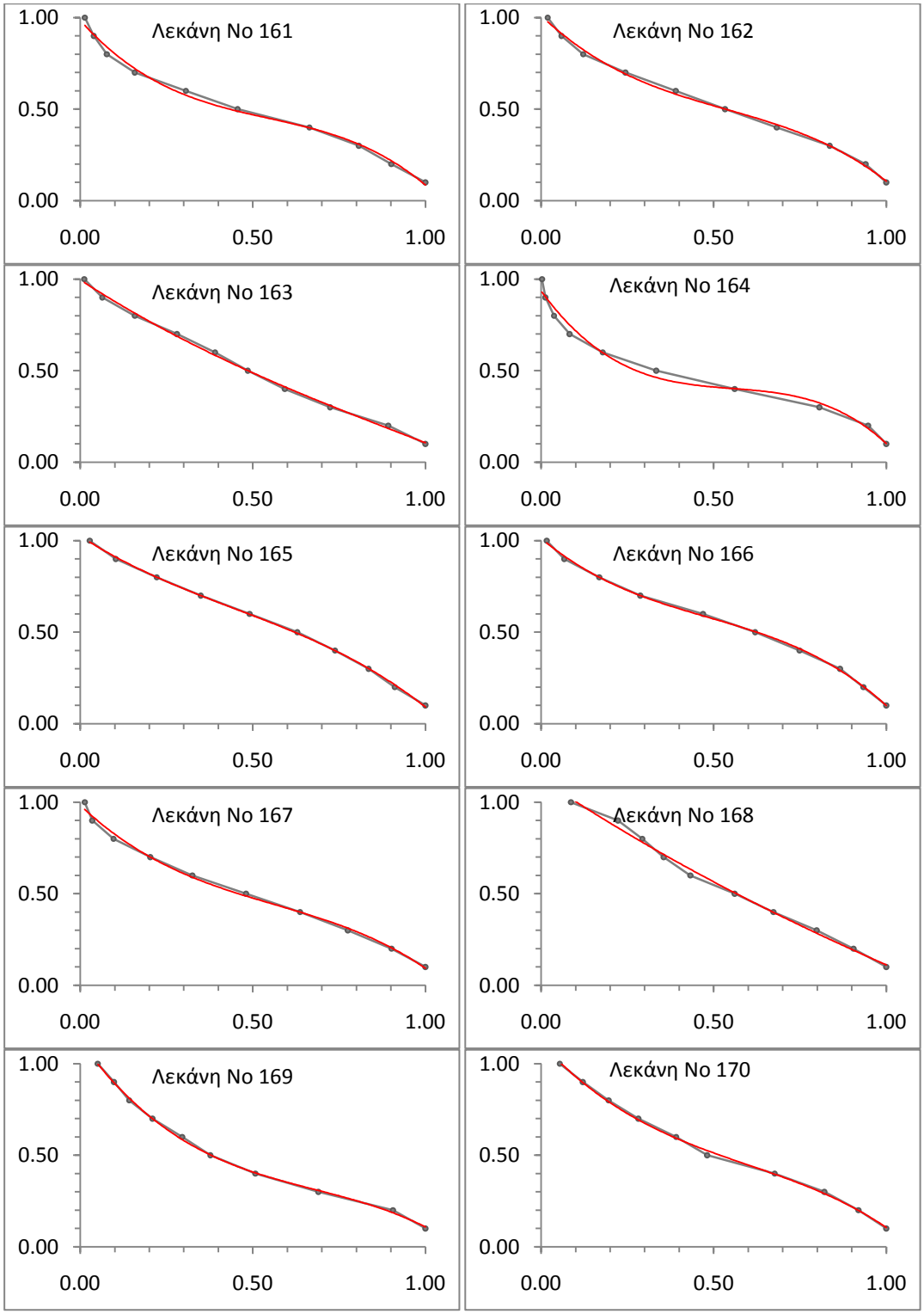
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



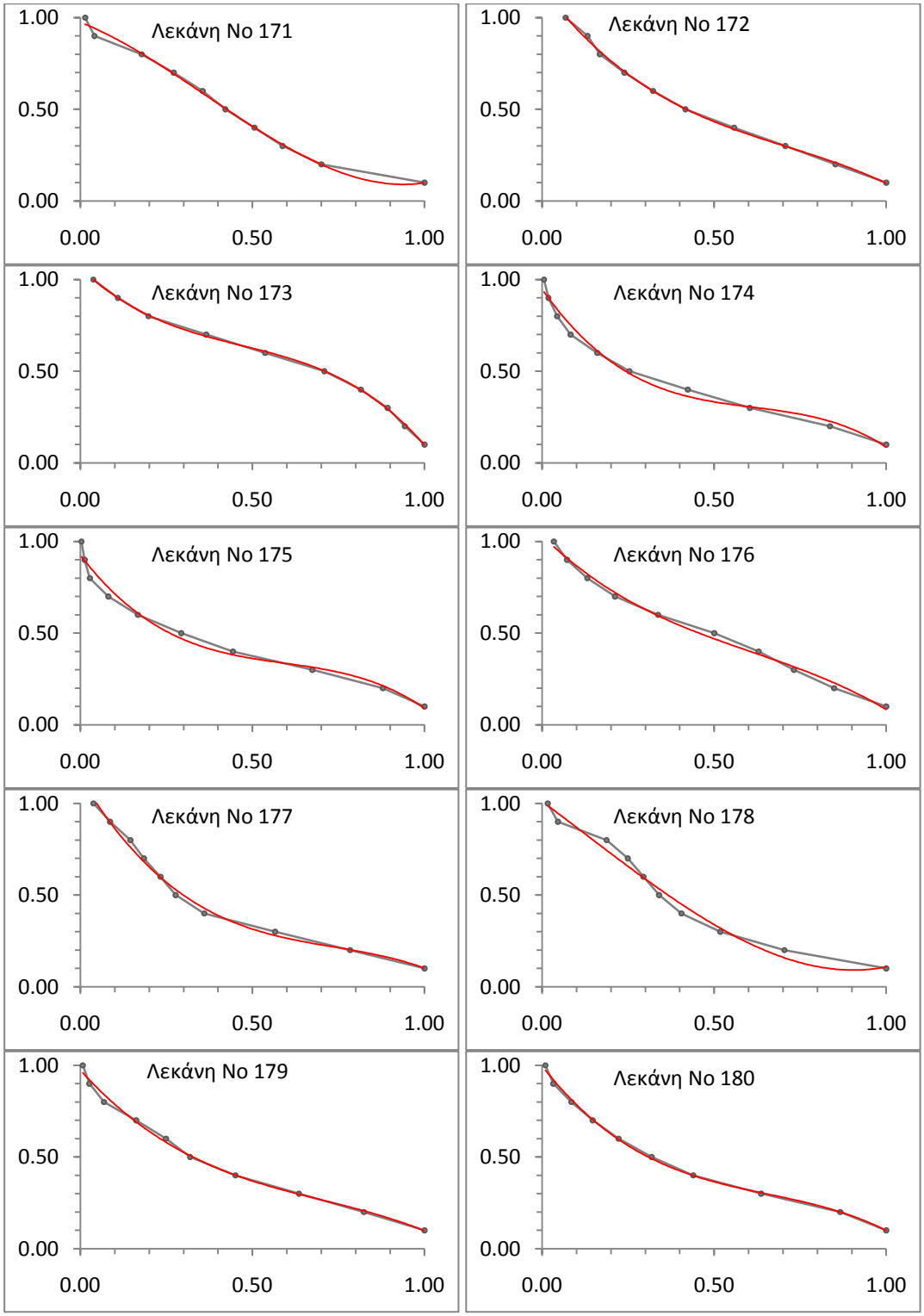
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



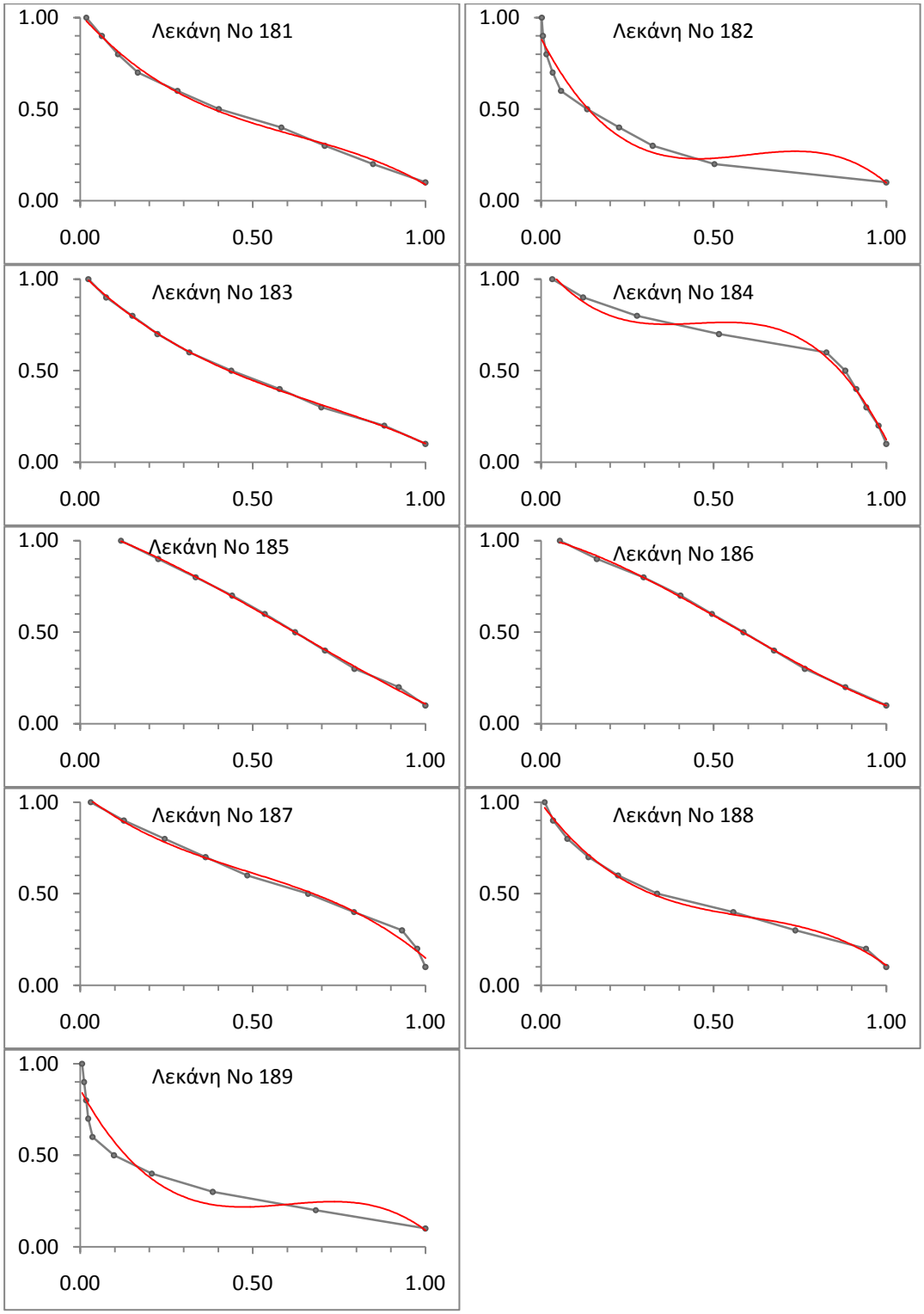
(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



(συνέχεια Σχήμα Π. 8)



(συνέχεια Σχήμα Π. 8)

Πίνακας Π. 4. Τιμές παραμέτρων μετρούμενων και υπολογιζόμενων των λεκανών απορροής και των υδρογραφικών δικτύων της περιοχής μελέτης.

	Λεκάνες απορροής														Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Κλίση λεκάνης απορροής Sb	Αριθμός τραχύτητας του Melton M	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
1	7.258	2.394	2.9	0.602	0.285	0.571	2.348	0.25	0.086	39.42	24.39	21.78	0.162	1.324	0.689	4.26	6	2.51	1.78
2	5.423	1.090	2.24	0.526	0.217	0.465	3.299	0.634	0.283	50.67	16.51	34.64	0.607	1.466	0.369	1.93	3	2.75	1.77
3	4.709	1.016	1.98	0.575	0.259	0.576	2.300	0.539	0.272	44.15	6.2	38.27	0.535	1.318	0.425	1.52	3	2.95	1.50
4	8.159	2.262	2.41	0.704	0.389	0.427	1.088	0.65	0.270	56.42	16.98	38.48	0.432	1.531	0.613	3.55	8	3.54	1.57
5	2.608	0.299	1.06	0.583	0.266	0.553	2.265	0.386	0.364	52.75	2.17	44.01	0.706	1.346	0.767	0.93	3	10.02	3.11
6	2.150	0.192	0.91	0.543	0.231	0.520	1.912	0.36	0.396	52.17	3.13	48.23	0.822	1.385	0.465	0.7	1	5.22	3.65
7	6.168	1.637	2.77	0.521	0.213	0.541	2.258	0.67	0.242	55.74	6.14	45.86	0.524	1.36	0.649	3.46	5	3.05	2.11
8	8.981	2.229	4.11	0.410	0.132	0.347	5.074	0.53	0.129	58.62	7.6	28.07	0.355	1.697	0.111	4.16	1	0.45	1.87
9	15.347	5.736	6.77	0.399	0.125	0.306	5.331	0.72	0.106	52.08	22.37	30.75	0.301	1.808	0.261	8.38	5	0.87	1.46
10	2.320	0.219	0.86	0.615	0.297	0.512	1.830	0.176	0.205	48.86	8.9	36.90	0.376	1.399	0.431	0.22	1	4.56	1.00
11	1.932	0.163	0.83	0.549	0.237	0.550	2.618	0.43	0.518	46.51	21.78	60.98	1.065	1.35	0.518	0.68	1	6.12	4.16
12	7.202	2.202	2.8	0.598	0.281	0.533	2.843	0.72	0.257	55.83	20.84	43.66	0.485	1.369	0.139	2.05	1	0.45	0.93
13	5.436	1.297	2.12	0.606	0.289	0.551	2.539	0.51	0.241	50.36	25.48	37.50	0.448	1.347	0.184	1.88	1	0.77	1.45
14	5.593	1.355	2.16	0.608	0.290	0.544	2.641	0.28	0.130	53.00	12.29	19.28	0.241	1.356	0.179	1.74	1	0.74	1.28
15	2.429	0.341	1.01	0.653	0.334	0.726	2.126	0.28	0.277	50.71	28.01	35.19	0.479	1.174	0.823	1.33	3	8.79	3.90
16	2.960	0.437	1.17	0.637	0.319	0.626	1.828	0.3	0.256	54.21	20.94	43.75	0.454	1.263	2.027	2.19	9	20.62	5.02
17	2.237	0.221	1.03	0.516	0.209	0.556	3.270	0.3	0.291	49.21	19.23	40.00	0.638	1.343	0.894	0.85	3	13.55	3.84
18	2.055	0.221	0.87	0.610	0.292	0.658	2.127	0.23	0.264	51.30	24.66	38.10	0.489	1.233	0.973	0.37	3	13.57	1.67
19	4.735	1.134	1.86	0.646	0.328	0.635	1.526	0.32	0.172	59.88	2.56	48.24	0.3	1.255	1.69	3.81	11	9.70	3.36
20	4.477	0.978	1.79	0.623	0.305	0.613	1.845	0.32	0.179	53.75	7.06	47.91	0.324	1.277	0.893	2.94	5	5.11	3.01
21	3.976	0.794	1.53	0.657	0.339	0.630	2.084	0.32	0.209	44.27	24.81	45.42	0.359	1.259	1.006	3.34	5	6.30	4.21
22	3.535	0.695	0.78	1.207	1.143	0.699	0.600	0.202	0.259	40.36	0.79	36.63	0.242	1.196	5.658	4.98	26	37.38	7.16
23	1.744	0.155	0.69	0.645	0.327	0.642	1.933	0.088	0.128	56.82	20.97	35.87	0.224	1.25	3.44	1.22	9	57.88	7.85
24	9.228	4.000	2.61	0.865	0.587	0.590	1.118	0.394	0.151	44.84	23.83	31.53	0.197	1.302	4.443	13.47	57	14.25	3.37
25	10.549	3.859	4	0.554	0.241	0.436	2.284	0.63	0.158	52.95	16.91	45.12	0.321	1.515	1.422	7.65	22	5.70	1.98
26	3.249	0.343	1.44	0.459	0.165	0.408	6.234	0.36	0.250	55.19	18.8	50.38	0.615	1.565	0.308	1.18	1	2.92	3.44
27	2.513	0.192	1.78	0.278	0.061	0.383	9.319	0.36	0.202	51.67	16.67	58.54	0.822	1.618	0.398	1.11	1	5.20	5.77
28	4.184	0.616	1.78	0.498	0.194	0.442	2.977	0.46	0.258	56.12	7.95	49.22	0.586	1.504	0.478	1.92	3	4.87	3.12
29	4.822	0.806	2.03	0.499	0.196	0.436	3.290	0.46	0.227	58.03	8.06	50.87	0.512	1.516	0.415	2.21	3	3.72	2.74
30	8.007	2.018	3.43	0.467	0.172	0.395	3.311	0.64	0.187	60.00	8.92	45.75	0.451	1.59	0.375	4.19	4	1.98	2.08
31	2.426	0.219	1.09	0.485	0.185	0.468	3.550	0.57	0.523	54.05	16.67	61.01	1.218	1.463	0.412	0.63	1	4.56	2.87
32	3.568	0.542	1.6	0.520	0.212	0.535	3.200	0.63	0.394	52.78	18.45	55.83	0.856	1.368	0.561	1.74	3	5.53	3.21
33	3.803	0.425	1.68	0.438	0.151	0.369	3.934	0.67	0.399	50.59	5.29	55.62	1.028	1.646	0.526	1.8	3	7.05	4.23
34	2.950	0.209	1.38	0.374	0.110	0.302	6.161	0.63	0.457	50.79	1.2	60.00	1.378	1.821	0.339	1.05	1	4.78	5.02
35	10.448	4.137	3.96	0.580	0.264	0.476	2.235	0.83	0.210	51.27	0.57	36.46	0.408	1.449	0.766	6.99	9	2.18	1.69
36	4.662	0.920	1.97	0.549	0.237	0.531	2.989	0.6	0.305	52.02	17.39	49.37	0.626	1.371	1.073	3.64	8	8.70	3.96
37	10.316	5.474	3.27	0.808	0.512	0.646	1.498	0.83	0.254	57.90	7	56.37	0.355	1.244	0.872	7.75	12	2.19	1.42
38	14.297	8.601	3.7	0.895	0.628	0.529	0.973	0.848	0.229	60.84	21.24	51.44	0.289	1.376	5.526	33.24	98	11.39	3.86
39	3.647	0.552	1.67	0.502	0.198	0.522	3.255	0.59	0.353	51.50	15.58	50.69	0.794	1.385	3.29	3.55	15	27.15	6.43
40	7.645	2.260	3.32	0.511	0.205	0.486	3.915	0.898	0.270	52.58	13.23	54.67	0.597	1.435	4.186	11.94	45	19.92	5.28
41	6.194	1.062	2.86	0.407	0.130	0.348	5.026	0.91	0.318	50.92	7.72	53.30	0.883	1.696	1.453	4.16	10	9.42	3.92
42	7.080	2.165	2.85	0.583	0.267	0.542	2.397	0.934	0.328	50.73	6.95	56.79	0.635	1.358	0.565	3.24	5	2.31	1.50
43	4.545	1.121	1.8	0.664	0.346	0.682	2.571	0.73	0.406	49.20	27.88	62.36	0.689	1.211	0.66	1.56	4	3.57	1.39
44	2.608	0.322	1.08	0.593	0.276	0.594	2.363	0.506	0.469	49.46	24.84	62.11	0.892	1.297	2.684	2.25	9	27.98	7.00
45	2.712	0.328	1.18	0.548	0.236	0.561	2.700	0.53	0.449	47.84	7.01	60.61	0.925	1.336	2.581	1.97	10	30.46	6.00
46	9.471	5.251	3.34	0.774	0.471	0.735	1.265	0.865	0.259	50.98	15.78	55.53	0.377	1.166	0.739	7.6	10	1.90	1.45
47	27.894	32.322	10.59	0.606	0.288	0.522	1.803	0.89	0.084	59.80	19.68	41.09	0.157	1.384	2.33	57.89	82	2.54	1.79

(συνέχεια Πίνακας Π. 4)

	Λεκάνες απορροής														Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Κλίση λεκάνης απορροής Sb	Αριθμός τραχύτητας του Melton M	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
48	8.773	3.301	3.72	0.551	0.239	0.539	2.625	0.788	0.212	52.56	15.65	42.91	0.434	1.362	0.798	7.76	10	3.03	2.35
49	2.752	0.346	1.14	0.582	0.266	0.574	3.423	0.184	0.161	46.14	0.29	21.91	0.313	1.32	0.727	0.83	3	8.67	2.40
50	4.234	0.746	1.83	0.533	0.223	0.523	3.161	0.24	0.131	48.89	11.26	22.25	0.278	1.383	0.236	1.49	1	1.34	2.00
51	14.514	9.179	5.66	0.604	0.287	0.547	1.556	0.91	0.161	45.67	7.61	29.70	0.3	1.352	0.896	17.29	18	1.96	1.88
52	7.625	2.189	2.93	0.570	0.255	0.473	3.522	0.446	0.152	44.64	23.46	32.83	0.301	1.454	0.525	2.53	5	2.28	1.16
53	7.160	1.950	3.05	0.517	0.210	0.478	2.877	0.446	0.146	59.56	14.56	31.03	0.319	1.447	0.14	2.45	1	0.51	1.26
54	37.886	44.941	14.22	0.532	0.222	0.393	2.442	0.914	0.064	58.98	3.2	39.53	0.136	1.595	2.296	81.1	108	2.40	1.80
55	8.194	2.665	3.34	0.552	0.239	0.499	2.626	0.403	0.121	44.54	0.06	32.95	0.247	1.416	1.587	7.73	16	6.00	2.90
56	5.306	1.250	2.12	0.595	0.278	0.557	2.459	0.4	0.189	55.00	20.64	34.10	0.358	1.339	1.319	3.53	10	8.00	2.82
57	8.175	3.247	3.27	0.622	0.304	0.610	1.881	0.49	0.150	55.65	19.82	36.96	0.272	1.28	1.957	11.19	21	6.47	3.45
58	6.822	2.031	2.45	0.657	0.338	0.548	2.155	0.324	0.132	67.16	2.44	43.75	0.227	1.351	0.733	3.99	8	3.94	1.96
59	7.014	1.950	2.78	0.567	0.252	0.498	1.664	0.414	0.149	54.72	7.9	47.09	0.296	1.417	0.285	3.26	3	1.54	1.67
60	5.911	1.569	1.43	0.989	0.767	0.564	1.799	0.875	0.612	57.22	5.19	59.92	0.699	1.332	0.846	3.7	6	3.82	2.36
61	5.354	1.085	1.93	0.609	0.291	0.475	1.868	1.215	0.630	51.61	19.95	67.39	1.166	1.45	0.187	1.8	1	0.92	1.66
62	5.456	0.980	2.17	0.515	0.208	0.413	1.522	1.23	0.567	53.71	9.29	68.33	1.242	1.555	0.183	1.04	1	1.02	1.06
63	6.661	1.972	2	0.793	0.493	0.558	1.295	1.195	0.598	54.08	8.22	74.64	0.851	1.338	0.3	1.55	3	1.52	0.79
64	7.408	1.671	2.2	0.663	0.345	0.382	0.761	1.192	0.542	53.60	6.79	67.09	0.922	1.617	0.135	1.98	1	0.60	1.19
65	9.525	4.292	3.55	0.659	0.341	0.594	4.377	1.066	0.300	49.33	14.84	54.19	0.515	1.297	0.63	7	10	2.33	1.63
66	5.244	1.033	2.16	0.531	0.221	0.472	0.944	0.655	0.303	47.07	31.41	49.22	0.644	1.456	0.381	1.72	3	2.90	1.67
67	8.749	4.043	2.92	0.777	0.474	0.663	5.935	0.81	0.277	57.88	5.5	53.67	0.403	1.228	1.143	7.91	14	3.46	1.96
68	4.825	0.594	1.88	0.463	0.168	0.320	4.487	0.455	0.242	46.07	10.61	27.44	0.59	1.766	0.829	2.23	5	8.42	3.76
69	4.786	0.638	2.07	0.435	0.149	0.350	1.392	0.282	0.136	37.48	16.61	35.89	0.353	1.691	1.045	2.06	6	9.41	3.23
70	11.427	4.678	4.5	0.542	0.231	0.450	5.945	0.843	0.187	50.49	4.92	37.55	0.39	1.491	1.138	12.44	16	3.42	2.66
71	7.499	1.496	3.32	0.416	0.136	0.334	3.495	0.562	0.169	41.05	6.48	28.09	0.459	1.73	1.067	3.58	11	7.35	2.39
72	9.578	2.024	4.42	0.363	0.104	0.277	3.837	0.668	0.151	45.06	11.22	18.65	0.47	1.9	0.313	4.19	4	1.98	2.07
73	12.632	3.529	5.52	0.384	0.116	0.278	2.096	0.8	0.145	50.14	8.66	26.93	0.426	1.897	0.317	7.37	7	1.98	2.09
74	20.942	14.526	7.99	0.538	0.228	0.416	12.255	0.805	0.101	55.30	12.84	35.70	0.211	1.55	1.098	25.43	28	1.93	1.75
75	4.222	0.740	1.85	0.525	0.216	0.522	0.250	0.239	0.129	46.80	9.46	26.89	0.278	1.385	1.184	2.37	8	10.81	3.20
76	30.379	32.148	8.68	0.737	0.427	0.438	4.619	0.792	0.091	45.93	24.24	27.99	0.14	1.512	2.205	55.03	88	2.74	1.71
77	11.492	5.429	4.49	0.586	0.269	0.516	0.278	0.313	0.070	45.69	33.83	19.43	0.134	1.392	1.131	13.76	18	3.32	2.53
78	66.570	182.501	16.84	0.905	0.644	0.517	2.166	1.734	0.103	33.49	5.42	30.11	0.128	1.39	10.365	456.779	910	4.99	2.50
79	32.438	42.850	8.15	0.907	0.645	0.511	1.433	0.978	0.120	46.27	3.42	33.55	0.149	1.398	3.946	101.33	198	4.62	2.36
80	18.516	15.203	4.8	0.917	0.660	0.557	4.576	0.86	0.179	46.75	7.23	49.63	0.221	1.34	5.779	53.41	147	9.67	3.51
81	5.489	1.077	2.12	0.552	0.240	0.449	0.377	0.82	0.387	51.15	15.46	52.96	0.79	1.492	1.457	4.69	11	10.21	4.36
82	26.364	18.660	7.42	0.657	0.339	0.337	5.566	1.083	0.146	59.98	4.63	46.55	0.251	1.722	2.352	46.28	84	4.50	2.48
83	30.957	28.996	10.22	0.595	0.278	0.380	2.275	1.2	0.117	68.48	6.35	52.81	0.223	1.622	2.875	46.4	117	4.03	1.60
84	23.244	26.699	7.63	0.764	0.459	0.621	1.609	1.35	0.177	51.67	5.14	57.18	0.261	1.269	4.173	65.26	130	4.87	2.44
85	29.263	38.990	10.83	0.651	0.332	0.572	1.809	1.459	0.135	47.54	15.86	56.58	0.234	1.322	6.971	117.44	275	7.05	3.01
86	18.977	12.450	7.47	0.533	0.223	0.434	3.473	1.745	0.234	43.18	9.24	60.22	0.495	1.518	3.373	38.86	83	6.67	3.12
87	13.745	4.403	5.78	0.410	0.132	0.293	3.131	1.735	0.300	44.65	5.92	55.89	0.827	1.848	0.8	11.12	15	3.41	2.53
88	11.645	4.609	4.75	0.510	0.204	0.427	2.447	1.494	0.315	45.50	15.44	61.51	0.696	1.531	2.404	14.24	33	7.16	3.09
89	6.987	2.018	2.86	0.561	0.247	0.519	2.290	0.821	0.287	52.72	1.44	54.40	0.578	1.388	0.859	6.55	9	4.46	3.25
90	3.631	0.328	1.68	0.385	0.116	0.312	5.169	0.39	0.232	42.74	3.35	29.27	0.681	1.789	0.275	0.98	1	3.05	2.99
91	7.618	1.492	3.2	0.431	0.146	0.323	3.397	0.81	0.253	48.05	9.25	51.53	0.663	1.76	0.525	4.44	5	3.35	2.98
92	4.164	0.452	1.95	0.389	0.119	0.328	6.964	0.52	0.267	49.04	23.89	35.04	0.773	1.748	0.48	2.02	3	6.63	4.47
93	4.717	0.771	1.97	0.503	0.199	0.435	3.420	0.54	0.274	51.22	13.04	30.14	0.615	1.516	0.212	1.55	1	1.30	2.01
94	2.862	0.417	1.18	0.618	0.299	0.639	1.807	0.39	0.331	48.72	7.31	33.57	0.604	1.251	0.699	0.7	3	7.20	1.68
95	17.066	10.358	6.72	0.541	0.229	0.447	3.457	1.56	0.232	41.10	25.01	47.39	0.485	1.496	2.93	32.61	66	6.37	3.15
96	17.590	13.520	6.07	0.684	0.367	0.549	1.138	1.167	0.192	51.47	26.89	54.55	0.317	1.35	2.672	37.97	62	4.59	2.81

(συνέχεια Πίνακας Π. 4)

	Λεκάνες απορροής														Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Κλίση λεκάνης απορροής Sb	Αριθμός τραχύτητας του Melton M	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
97	10.359	4.431	3.95	0.601	0.284	0.519	2.455	1.124	0.285	44.29	1.79	50.61	0.534	1.389	1.738	11.73	23	5.19	2.65
98	12.289	5.475	4.56	0.579	0.263	0.455	2.686	1.157	0.254	59.41	3.59	66.59	0.494	1.482	1.953	15.29	30	5.48	2.79
99	5.276	1.390	2.21	0.602	0.285	0.627	2.212	0.86	0.389	52.78	8.99	49.53	0.729	1.263	0.569	3.05	4	2.88	2.19
100	3.425	0.378	1.61	0.431	0.146	0.405	4.777	0.702	0.436	61.48	1.32	60.85	1.142	1.572	0.292	0.95	1	2.64	2.51
101	27.485	31.486	9.49	0.667	0.350	0.523	1.808	1.28	0.135	57.59	16.18	59.18	0.228	1.382	10.224	135.46	377	11.97	4.30
102	11.673	5.472	4.43	0.596	0.279	0.504	2.037	1.227	0.277	59.48	17.25	63.91	0.525	1.408	1.97	15.63	29	5.30	2.86
103	6.070	1.558	2.76	0.510	0.205	0.531	2.757	1.052	0.381	50.48	25.99	56.98	0.843	1.372	0.988	4.66	7	4.49	2.99
104	6.905	0.753	2.7	0.363	0.103	0.198	6.178	1.06	0.393	56.46	22.51	52.78	1.222	2.245	0.434	3.68	4	5.31	4.89
105	3.161	0.345	1.46	0.454	0.162	0.433	4.332	0.55	0.377	51.39	4.49	41.62	0.936	1.519	0.633	1.49	3	8.70	4.32
106	5.173	0.720	2.38	0.402	0.127	0.338	4.424	1.01	0.424	50.11	15.83	59.47	1.19	1.72	0.193	1.92	1	1.39	2.67
107	5.141	0.905	2.49	0.431	0.146	0.430	3.997	1.01	0.406	52.39	14.2	63.43	1.062	1.525	0.778	3.62	5	5.53	4.00
108	5.393	0.725	2.12	0.453	0.161	0.313	4.743	0.82	0.387	49.61	0.76	60.22	0.963	1.787	0.371	2.31	3	4.14	3.18
109	3.168	0.203	1.49	0.341	0.091	0.254	6.314	0.59	0.396	50.28	13.05	55.96	1.309	1.984	0.316	1.24	1	4.92	6.11
110	5.095	0.746	2.18	0.447	0.157	0.361	4.989	0.731	0.335	49.56	1.34	59.30	0.846	1.664	0.589	2.59	4	5.36	3.47
111	2.163	0.160	1	0.452	0.160	0.430	3.831	0.432	0.432	50.93	0.62	54.13	1.08	1.526	0.462	0.54	1	6.24	3.37
112	1.892	0.131	0.81	0.504	0.199	0.459	3.821	0.41	0.506	51.22	1.15	56.64	1.133	1.475	0.529	0.54	1	7.64	4.13
113	5.500	0.687	2.47	0.379	0.113	0.285	5.103	0.69	0.279	53.29	8.22	46.64	0.832	1.872	0.182	2.33	1	1.46	3.39
114	5.264	0.990	2.41	0.466	0.170	0.449	3.608	0.68	0.282	49.56	7.27	41.46	0.683	1.493	0.76	3.35	5	5.05	3.38
115	8.364	1.615	3.73	0.385	0.116	0.290	5.382	1.008	0.270	52.56	30.06	51.21	0.793	1.857	1.196	6.54	13	8.05	4.05
116	4.017	0.683	1.72	0.542	0.231	0.532	2.770	0.53	0.308	46.34	27.31	55.81	0.641	1.372	0.996	2.16	5	7.32	3.16
117	12.308	4.692	4.19	0.584	0.267	0.389	2.473	1.212	0.289	59.76	16.33	66.90	0.56	1.603	4.469	22.07	75	15.98	4.70
118	9.510	2.617	4.18	0.437	0.150	0.363	5.123	1.172	0.280	46.58	14.92	52.17	0.724	1.659	1.682	9.86	20	7.64	3.77
119	2.772	0.357	1.19	0.567	0.252	0.584	2.449	0.18	0.151	39.56	19.75	40.34	0.301	1.309	1.082	1.84	4	11.19	5.15
120	4.659	0.785	1.96	0.510	0.204	0.454	3.427	0.37	0.189	39.46	32.8	31.44	0.418	1.484	1.073	1.88	8	10.19	2.40
121	6.899	1.487	2.9	0.475	0.177	0.392	3.826	0.55	0.190	39.17	3.67	29.12	0.451	1.596	0.58	3.99	5	3.36	2.68
122	16.939	11.654	5.75	0.670	0.352	0.510	1.617	1.34	0.233	57.87	6.08	64.55	0.393	1.4	3.365	39.8	75	6.44	3.42
123	8.856	3.461	3.39	0.619	0.301	0.554	2.489	1.017	0.300	54.98	32.72	47.99	0.547	1.343	1.694	14.53	20	5.78	4.20
124	6.401	1.486	2.52	0.546	0.234	0.456	4.124	1.037	0.412	48.04	31.7	60.19	0.851	1.482	0.781	4.43	8	5.38	2.98
125	13.918	8.784	3.13	1.069	0.897	0.570	0.838	0.99	0.316	40.09	20.71	49.90	0.334	1.325	2.371	25.64	49	5.58	2.92
126	5.147	1.476	1.68	0.816	0.523	0.700	1.519	0.27	0.161	53.09	12.26	45.43	0.222	1.195	1.943	5.56	13	8.81	3.77
127	4.419	1.278	1.2	1.063	0.888	0.822	0.910	0.26	0.217	50.53	0.39	45.35	0.23	1.103	2.716	5.59	17	13.30	4.37
128	5.146	1.574	1.69	0.838	0.551	0.747	1.363	0.312	0.185	56.20	11.75	48.96	0.249	1.157	3.109	5.35	21	13.34	3.40
129	5.000	1.355	1.71	0.768	0.463	0.681	1.881	0.318	0.186	58.44	13.17	52.38	0.273	1.212	2.8	6.2	17	12.55	4.58
130	16.844	8.785	6.25	0.535	0.225	0.389	2.963	0.334	0.053	47.82	3.34	38.32	0.113	1.604	3.562	30.89	77	8.76	3.52
131	39.368	33.967	15.36	0.428	0.144	0.275	4.021	1.03	0.067	25.59	1.02	37.85	0.177	1.906	2.439	74.52	126	3.71	2.19
132	134.598	380.504	26.25	0.839	0.552	0.264	0.655	1.343	0.051	32.61	30.69	35.91	0.069	1.947	8.299	865.95	1496	3.93	2.28
133	10.835	4.489	3	0.797	0.499	0.480	1.112	0.229	0.076	54.52	7.43	20.19	0.108	1.443	1.2	17.32	18	4.01	3.86
134	5.411	1.410	2.25	0.596	0.279	0.605	2.014	0.21	0.093	40.33	1.77	24.40	0.177	1.286	2.218	5.82	15	10.64	4.13
135	9.147	4.093	2.64	0.865	0.587	0.614	0.771	0.378	0.143	48.37	37.32	31.40	0.187	1.276	3.17	17.91	42	10.26	4.38
136	2.483	0.309	0.89	0.705	0.391	0.630	1.858	0.24	0.270	48.33	15.7	27.38	0.432	1.26	0.805	1.03	3	9.70	3.33
137	2.693	0.331	1.11	0.585	0.268	0.573	2.489	0.29	0.261	50.09	15.86	45.38	0.504	1.321	0.371	0.79	1	3.02	2.39
138	4.093	0.638	1.53	0.589	0.272	0.478	2.452	0.282	0.184	50.06	4.23	34.42	0.353	1.446	0.244	1.34	1	1.57	2.10
139	2.123	0.200	0.84	0.600	0.283	0.556	2.800	0.122	0.145	50.82	3.5	28.10	0.273	1.339	0.471	0.33	1	5.01	1.65
140	7.062	2.325	2.62	0.657	0.339	0.585	1.704	0.406	0.155	53.34	9.96	36.07	0.266	1.307	1.416	6.38	14	6.02	2.74
141	3.507	0.602	1.19	0.736	0.425	0.614	2.045	0.254	0.213	53.63	1	36.71	0.327	1.275	1.426	2.46	6	9.97	4.09
142	2.450	0.227	1.02	0.527	0.218	0.475	3.792	0.212	0.208	46.54	0.22	32.95	0.445	1.451	0.408	0.84	1	4.41	3.70
143	2.334	0.271	0.86	0.684	0.367	0.625	1.465	0.192	0.223	51.23	2.77	32.40	0.369	1.265	0.857	1.11	3	11.06	4.09

(συνέχεια Πίνακας Π. 4)

	Λεκάνες απορροής															Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Κλίση λεκάνης απορροής Sb	Αριθμός τραχύτητας του Melton M	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
144	2.032	0.223	0.82	0.650	0.332	0.679	2.071	0.16	0.195	56.25	5.16	30.67	0.339	1.214	0.492	0.69	1	4.48	3.09
145	2.682	0.388	0.94	0.748	0.439	0.678	1.262	0.132	0.140	49.24	13.14	27.53	0.212	1.215	0.373	0.73	1	2.58	1.88
146	21.206	14.975	6.69	0.653	0.335	0.418	1.148	0.432	0.065	53.72	2.91	35.81	0.112	1.546	3.442	44.01	100	6.68	2.94
147	6.045	1.995	1.52	1.049	0.864	0.686	1.165	0.155	0.102	40.00	7.09	25.01	0.11	1.208	1.489	5.08	12	6.01	2.55
148	5.269	1.482	2.02	0.680	0.363	0.670	1.770	0.258	0.128	51.20	6.07	36.10	0.212	1.221	1.518	4.79	11	7.42	3.23
149	15.793	9.740	4.74	0.743	0.434	0.490	1.400	0.498	0.105	55.29	17.66	45.68	0.16	1.428	3.736	29.97	92	9.45	3.08
150	8.253	4.153	2.97	0.774	0.471	0.766	1.535	0.492	0.166	54.82	28.83	44.15	0.241	1.143	2.06	13.56	22	5.30	3.27
151	17.792	12.833	6.65	0.608	0.290	0.509	2.655	0.671	0.101	48.17	9.24	41.45	0.187	1.401	1.686	28.91	41	3.19	2.25
152	18.461	11.274	6.72	0.564	0.250	0.415	2.553	0.49	0.073	38.50	12.64	36.47	0.146	1.551	1.625	26.33	39	3.46	2.34
153	9.254	4.628	2.27	1.070	0.898	0.679	1.168	0.37	0.163	55.94	29.19	28.68	0.172	1.214	1.729	10.76	22	4.75	2.32
154	4.427	0.831	1.75	0.588	0.271	0.533	2.448	0.2	0.114	50.00	9.09	21.13	0.219	1.37	0.226	4.49	1	1.20	5.40
155	2.454	0.306	1	0.624	0.306	0.637	1.832	0.152	0.152	47.37	6.86	22.68	0.275	1.252	0.407	0.84	1	3.27	2.75
156	4.754	1.095	1.57	0.752	0.444	0.609	1.649	0.247	0.157	42.91	23.61	33.15	0.236	1.282	1.472	3.72	11	10.04	3.40
157	3.115	0.518	1.27	0.639	0.321	0.670	1.809	0.2	0.157	50.00	10.23	31.12	0.278	1.221	0.963	2.29	4	7.73	4.43
158	3.682	0.790	1.33	0.754	0.447	0.732	1.640	0.192	0.144	52.54	25.32	31.80	0.216	1.169	1.63	2.73	10	12.66	3.46
159	2.279	0.264	0.95	0.610	0.293	0.638	2.346	0.12	0.126	55.95	6.44	31.29	0.234	1.252	0.878	0.97	3	11.36	3.67
160	8.511	3.594	2.63	0.814	0.520	0.623	1.410	0.24	0.091	44.12	10.38	25.68	0.127	1.267	1.292	6.5	15	4.17	1.81
161	5.969	1.802	2.18	0.695	0.379	0.635	1.991	0.248	0.114	44.92	8.38	28.74	0.185	1.255	1.508	5.21	13	7.21	2.89
162	5.210	1.057	2.03	0.572	0.256	0.489	2.707	0.22	0.108	43.18	8.94	30.20	0.214	1.43	0.96	3.01	6	5.68	2.85
163	6.973	2.942	2.31	0.838	0.551	0.760	1.224	0.244	0.106	53.09	28.86	25.49	0.142	1.147	1.291	6.7	12	4.08	2.28
164	33.051	35.369	10.38	0.647	0.328	0.407	1.327	0.518	0.050	38.07	8.05	32.38	0.087	1.568	2.178	66.69	90	2.54	1.89
165	5.734	1.148	2.37	0.510	0.204	0.439	2.675	0.23	0.097	43.48	11.59	40.63	0.215	1.51	0.349	3.39	3	2.61	2.95
166	8.765	2.724	3.57	0.522	0.214	0.445	2.717	0.252	0.071	54.08	6.53	30.02	0.153	1.498	0.685	6.46	7	2.57	2.37
167	3.352	0.478	1.43	0.545	0.234	0.534	2.325	0.135	0.094	51.11	29.29	35.65	0.195	1.368	2.387	2.85	11	23.03	5.97
168	4.522	0.618	1.79	0.496	0.193	0.380	3.416	0.232	0.130	40.44	0.81	36.25	0.295	1.623	0.663	2.53	4	6.47	4.09
169	2.703	0.340	1.22	0.539	0.228	0.584	2.629	0.212	0.174	50.81	26.76	29.82	0.364	1.308	0.74	1.1	3	8.83	3.24
170	2.517	0.194	1.17	0.425	0.142	0.385	4.034	0.232	0.198	44.54	1.03	29.07	0.527	1.612	0.397	0.64	1	5.15	3.29
171	4.615	0.591	1.68	0.516	0.209	0.348	3.206	0.232	0.138	40.13	12.44	25.08	0.302	1.694	0.217	1.16	1	1.69	1.96
172	3.805	0.618	1.69	0.525	0.216	0.536	2.541	0.162	0.096	39.15	8.09	21.78	0.206	1.366	0.526	1.99	3	4.85	3.22
173	17.021	7.559	6.78	0.458	0.164	0.328	3.703	0.337	0.050	57.25	27.68	34.85	0.123	1.747	0.999	21.79	24	3.18	2.88
174	3.450	0.513	1.44	0.561	0.247	0.541	2.796	0.082	0.057	32.93	9.45	20.51	0.114	1.359	1.159	1.56	5	9.75	3.04
175	61.651	128.670	16.18	0.791	0.491	0.425	1.048	0.962	0.059	35.40	25.6	32.19	0.085	1.534	5.774	309.34	480	3.73	2.40
176	11.421	3.765	4.62	0.474	0.176	0.363	2.954	0.208	0.045	54.00	15.29	17.37	0.107	1.661	0.438	7.6	8	2.12	2.02
177	23.468	12.381	9.57	0.415	0.135	0.282	7.535	0.753	0.079	42.13	2.13	24.34	0.214	1.882	0.895	26.61	25	2.02	2.15
178	17.232	8.861	7.4	0.454	0.162	0.375	5.662	0.768	0.104	13.69	17.49	23.17	0.258	1.633	0.58	14.18	19	2.14	1.60
179	18.338	12.406	7.32	0.543	0.232	0.463	2.187	0.799	0.109	43.44	25.17	36.19	0.227	1.469	1.69	33.19	45	3.63	2.68
180	22.880	15.738	8.98	0.499	0.195	0.378	3.358	0.855	0.095	36.06	2.66	39.79	0.216	1.627	1.792	38.7	56	3.56	2.46
181	11.264	3.441	4.46	0.469	0.173	0.341	4.204	0.212	0.048	37.10	9.72	20.33	0.114	1.713	0.266	5.34	4	1.16	1.55
182	12.344	5.681	4.46	0.603	0.286	0.468	1.615	0.312	0.070	32.56	9.29	15.23	0.131	1.461	0.324	5.42	5	0.88	0.95
183	6.735	2.393	2.41	0.724	0.412	0.663	1.480	0.52	0.216	44.08	4.2	37.77	0.336	1.228	0.594	3.64	5	2.09	1.52
184	8.273	2.397	3.17	0.551	0.238	0.440	2.538	0.73	0.230	53.59	9.66	42.24	0.472	1.508	0.242	3.31	3	1.25	1.38
185	2.404	0.216	0.99	0.530	0.220	0.469	3.133	0.37	0.374	58.49	11.11	53.98	0.796	1.46	0.416	0.8	1	4.63	3.71
186	1.975	0.179	0.78	0.612	0.294	0.576	2.662	0.36	0.462	52.19	3.07	49.50	0.851	1.317	0.506	0.55	1	5.58	3.07
187	7.383	1.651	2.59	0.560	0.246	0.380	1.467	0.66	0.255	52.66	22.2	44.77	0.514	1.621	0.542	3.53	5	3.03	2.14
188	5.800	1.158	2.45	0.496	0.193	0.432	3.153	0.65	0.265	43.21	25.91	41.57	0.604	1.521	0.69	2.68	5	4.32	2.31
189	8.628	3.081	3.65	0.543	0.231	0.520	2.953	0.651	0.178	37.92	7.94	25.49	0.371	1.387	0.695	6.55	7	2.27	2.13

Παράρτημα 4. Ανάλυση λεκανών απορροής σε περιφερειακή κλίμακα

Πίνακας Π. 5. Βαθμονομημένες τιμές παραμέτρων.

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
1	78	68	67	90	88	115	104	119	138	164	29	128	113	83	55	137	130
2	105	108	90	49	49	66	55	70	43	90	60	73	154	128	58	130	131
3	127	114	101	74	73	119	107	78	49	144	134	132	142	137	58	126	144
4	70	71	84	121	121	46	174	68	50	26	56	52	120	94	53	113	141
5	167	162	140	78	76	107	111	99	27	59	164	120	103	153	58	28	67
6	181	174	148	60	58	88	128	102	19	67	157	100	137	160	59	76	41
7	93	86	72	46	46	99	112	63	63	33	135	112	117	96	56	123	114
8	58	73	44	12	12	22	18	79	117	14	118	23	183	85	59	172	126
9	31	34	22	9	9	12	14	58	126	68	36	12	167	51	56	167	145
10	177	168	151	98	98	84	134	137	79	111	106	93	141	169	59	92	155
11	186	176	153	64	62	105	87	91	7	127	38	118	131	162	59	62	26
12	79	74	70	87	85	94	71	58	57	32	42	108	181	123	59	172	157
13	104	100	96	93	92	106	91	82	64	95	22	119	176	130	59	168	146
14	100	99	95	94	93	101	83	113	116	56	84	115	179	133	59	169	150
15	173	155	143	111	109	151	119	113	47	89	13	166	97	140	58	38	33
16	158	146	135	104	104	132	135	110	58	43	41	148	41	120	52	7	12
17	179	167	141	43	43	109	57	110	39	107	49	121	89	154	58	12	35
18	183	167	150	96	95	141	118	126	53	75	28	156	84	167	58	11	136
19	125	105	107	107	107	135	151	106	94	7	162	151	50	87	50	31	53
20	133	117	111	102	102	127	132	106	90	47	124	142	90	105	56	80	72
21	142	122	122	112	112	134	121	106	77	143	27	150	80	99	56	60	24
22	149	131	156	152	152	149	183	132	55	157	177	164	7	76	35	2	2
23	188	178	157	106	106	139	127	146	118	24	40	154	17	142	52	1	1
24	56	53	78	142	142	122	172	97	103	138	32	137	10	43	24	10	52
25	47	54	45	67	66	52	109	71	99	57	57	59	63	56	39	67	122
26	154	154	126	26	26	40	6	102	62	37	50	46	161	143	59	127	47
27	169	174	112	1	1	32	2	102	80	70	58	36	148	145	59	77	8
28	138	136	112	35	35	56	66	87	56	29	113	63	135	129	58	85	66
29	122	121	98	36	37	52	56	87	70	17	111	58	144	119	58	108	88
30	71	79	54	29	29	37	54	69	86	5	105	43	151	84	57	149	117
31	174	168	138	33	33	67	43	74	6	45	58	74	145	164	59	92	81
32	148	141	120	45	45	96	60	71	20	58	51	109	126	133	58	70	61
33	144	147	117	20	20	27	34	63	18	91	141	30	129	132	58	53	23
34	159	170	128	4	5	11	8	71	11	87	171	11	156	147	59	87	12
35	48	50	46	76	75	72	113	45	76	76	180	81	104	60	52	144	134
36	128	118	102	64	62	92	65	72	36	69	54	106	77	91	53	40	31
37	50	37	58	137	137	140	154	45	60	18	126	155	92	54	49	143	147
38	33	32	50	143	143	91	176	43	69	4	39	104	8	21	13	18	34
39	146	140	118	37	38	89	58	73	28	72	68	100	20	94	46	5	4
40	72	72	57	41	41	75	35	37	50	62	76	85	11	45	27	8	10
41	92	111	68	11	11	23	19	36	32	84	116	24	61	85	51	34	32
42	81	76	69	78	77	100	102	34	31	88	127	114	125	102	56	140	144
43	131	106	110	115	115	147	88	57	17	108	14	162	116	135	57	111	148
44	167	159	139	84	82	123	103	83	9	104	26	138	27	117	52	4	3
45	163	158	134	63	61	112	78	79	12	118	125	125	29	127	51	3	6
46	54	40	56	132	132	153	165	40	55	82	65	168	107	57	51	152	146
47	11	9	7	93	91	89	139	38	139	8	48	101	35	11	19	136	129

(συνέχεια Πίνακας Π. 5)

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος	Εμβαδό	Μήκος Λεκάνης	Λόγος Επιμήκυνσης	Δείκτης Μορφής	Λόγος Κυκλικότητας	Δείκτης Σχήματος	Ανάγλυφο	Λόγος Αναγλύφου	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα	Ασυμμετρία	Δείκτης Συγκέντρωσης	Λόγος Υδρογραφ. Υφής	Μήκος	Αριθμός Κλάδων	Συχνότητα	Πυκνότητα
	P	A	Lb	Re	Ff	Rc	Bs	H	Rh	Hi	AF	Cc	T	Slu	Nu	Fs	Dd
48	60	60	49	65	64	98	86	53	75	63	67	111	100	53	51	124	104
49	162	152	136	77	76	118	49	135	98	130	182	131	109	156	58	41	100
50	136	127	109	54	54	90	61	123	115	110	88	102	170	138	59	159	121
51	32	28	30	92	90	102	149	36	98	134	117	116	87	35	43	150	125
52	73	75	65	72	71	70	44	89	102	140	34	78	130	110	56	141	153
53	80	82	62	44	44	73	70	89	106	10	74	82	180	112	59	171	151
54	5	4	5	53	53	36	101	35	147	13	156	42	36	7	11	138	128
55	68	65	56	66	64	79	85	95	120	141	184	89	55	55	45	65	78
56	109	102	96	85	83	110	95	96	85	38	44	123	65	95	51	44	84
57	69	61	58	101	101	126	129	86	104	34	46	141	43	47	40	57	46
58	88	77	83	112	111	103	117	105	114	2	163	117	108	86	53	104	123
59	83	82	71	71	70	78	143	92	105	41	115	88	164	101	58	155	136
60	97	89	127	147	147	113	140	39	2	23	142	126	95	89	55	106	103
61	108	109	105	95	94	71	130	13	1	71	45	80	175	132	59	165	137
62	103	116	94	42	42	41	152	11	4	49	99	47	177	148	59	164	154
63	90	81	100	135	135	111	164	16	3	44	109	124	162	136	58	156	158
64	76	84	92	114	114	31	181	17	5	51	129	37	182	126	59	170	152
65	52	48	53	113	113	123	27	23	38	105	73	138	119	59	51	139	139
66	113	113	95	52	52	69	177	66	37	122	6	77	150	134	58	128	136
67	62	52	66	133	133	142	10	48	47	19	139	157	72	52	47	114	123
68	121	138	106	27	27	15	25	88	63	131	91	15	96	118	56	42	37
69	123	134	97	18	18	24	161	112	112	170	59	26	79	122	55	35	59
70	43	42	37	59	58	60	9	44	86	93	145	68	73	44	45	115	91
71	75	91	57	14	14	18	45	75	95	155	131	19	78	93	50	48	101
72	51	78	41	3	4	5	36	64	103	136	89	5	160	84	57	149	118
73	36	57	31	6	7	6	120	50	107	97	107	6	158	58	54	149	116
74	18	18	15	56	56	43	1	49	131	35	81	49	75	30	34	151	132
75	137	128	108	48	48	89	186	124	117	123	97	100	70	113	53	22	62
76	9	10	13	125	125	53	23	52	137	132	30	60	38	12	16	131	133
77	42	39	38	81	79	85	185	108	144	133	2	95	74	41	43	119	94
78	2	2	2	144	144	86	116	3	129	174	140	96	1	2	2	83	96
79	7	5	14	145	145	83	158	32	121	129	153	94	13	6	6	90	103
80	20	16	32	146	146	110	24	41	90	124	122	122	5	13	7	32	43
81	102	110	96	66	65	59	184	47	23	80	69	67	60	78	50	25	20
82	13	14	18	112	112	19	12	22	106	6	146	20	34	15	17	93	97
83	8	12	9	85	83	30	110	15	122	1	133	34	24	14	10	102	140
84	15	13	16	130	130	129	148	7	92	70	144	145	12	10	8	85	99
85	10	6	6	110	108	116	136	6	113	120	63	129	4	5	5	53	72
86	19	21	17	54	54	50	46	1	65	150	101	57	18	18	18	55	66
87	35	47	28	12	12	10	64	2	38	139	138	10	99	48	46	116	94
88	41	44	33	40	40	46	100	5	34	135	70	52	31	39	31	52	68
89	84	79	68	69	68	87	108	46	41	60	168	98	93	62	52	96	57
90	147	158	117	7	7	13	15	98	67	152	154	13	165	150	59	123	73
91	74	92	59	17	17	16	52	48	61	116	100	16	130	81	56	118	74
92	139	145	104	8	8	17	4	80	51	109	31	17	134	124	58	56	16
93	126	125	102	38	39	51	50	77	48	78	80	58	173	136	59	160	120
94	160	148	134	99	99	138	138	98	30	112	120	153	110	160	58	51	135
95	26	26	23	58	57	58	47	4	67	154	25	65	23	23	22	59	65
96	24	19	27	119	119	104	171	19	83	73	17	118	28	20	23	91	85

(συνέχεια Πίνακας Π. 5)

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
97	49	46	47	89	87	87	96	21	42	142	166	97	47	46	38	78	92
98	39	36	36	75	74	62	79	20	60	12	151	70	44	37	32	71	86
99	110	98	91	90	88	133	114	41	22	58	103	148	124	103	57	129	110
100	152	150	119	17	17	38	21	59	13	3	170	44	163	152	59	132	95
101	12	11	11	116	116	90	137	10	113	21	62	103	2	4	4	17	22
102	40	38	40	86	84	80	124	12	47	11	55	90	42	36	33	75	82
103	94	90	73	40	41	92	75	25	24	94	19	105	83	79	54	94	73
104	86	126	74	3	3	1	7	24	21	25	35	1	140	90	57	74	13
105	156	153	125	24	24	49	28	76	25	74	147	56	118	138	58	40	21
106	115	130	85	10	10	20	26	29	15	98	64	21	174	129	59	158	90
107	118	119	81	17	17	47	33	29	17	65	75	54	102	92	56	70	30
108	107	129	96	23	23	14	22	47	23	102	178	14	153	115	58	100	63
109	155	171	124	2	2	2	5	73	19	96	79	2	159	141	59	84	5
110	119	127	93	21	21	25	20	56	29	103	169	27	122	109	57	73	44
111	180	177	144	22	22	47	37	90	14	83	179	53	138	166	59	61	52
112	187	179	155	39	39	64	39	93	8	78	172	71	128	166	59	46	27
113	101	132	82	5	6	8	17	60	46	54	109	8	178	114	59	157	50
114	112	115	84	28	28	59	42	61	44	103	121	66	105	98	56	81	51
115	65	87	48	7	7	9	13	30	50	63	8	9	69	63	48	43	29
116	141	133	114	59	58	93	74	79	35	128	16	105	82	121	56	49	64
117	38	41	42	79	77	34	94	14	40	9	61	40	9	31	21	9	14
118	53	66	43	19	19	26	16	18	45	125	72	29	52	50	41	46	36
119	161	151	133	71	70	120	98	136	103	162	47	134	76	131	57	20	11
120	129	124	103	40	40	61	48	101	85	163	3	69	77	130	53	26	100
121	87	93	67	32	32	35	38	76	84	165	150	41	123	86	56	117	89
122	28	24	29	117	117	82	146	9	66	20	136	92	19	17	21	58	48
123	59	58	55	100	100	108	93	28	38	39	4	121	49	38	41	66	25
124	91	94	80	62	60	63	30	26	16	117	5	70	101	82	53	72	74
125	34	31	61	150	150	114	179	31	33	160	43	127	33	29	26	69	77
126	116	96	117	139	139	150	153	114	98	55	85	165	45	70	48	37	36
127	135	101	132	149	149	157	178	115	72	92	181	172	26	69	44	14	19
128	117	88	116	140	140	154	162	109	88	28	86	169	22	72	40	13	49
129	120	99	115	131	131	146	129	107	87	16	77	161	25	67	44	16	15
130	29	30	26	55	55	34	67	104	150	119	155	39	15	24	20	39	42
131	4	8	4	16	16	4	32	27	145	178	174	4	30	8	9	109	110
132	1	1	1	141	141	3	182	8	151	176	7	3	3	1	1	105	108
133	46	45	63	136	136	74	173	127	141	42	119	84	68	34	43	103	34
134	106	97	89	86	84	124	125	130	136	158	167	139	37	68	46	23	27
135	57	51	75	142	142	128	180	100	109	113	1	143	21	33	28	24	18
136	170	160	149	122	122	134	131	123	50	114	66	149	98	149	58	31	54
137	165	157	137	80	78	117	93	111	54	99	63	130	153	158	59	125	101
138	140	134	122	83	81	73	97	112	89	100	148	83	168	139	59	154	115
139	182	172	152	88	86	109	72	144	107	85	152	123	136	168	59	82	138
140	82	70	77	112	112	121	142	94	101	53	94	136	64	66	47	63	88
141	150	137	133	124	124	128	123	117	74	50	175	144	62	111	55	29	28
142	172	165	142	50	50	71	40	129	78	126	183	79	146	155	59	97	39
143	176	163	151	119	119	131	157	134	71	77	160	147	94	145	58	21	28

(συνέχεια Πίνακας Π. 5)

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
144	184	166	154	109	108	145	122	139	82	27	143	160	133	161	59	95	68
145	166	149	147	127	127	144	166	143	110	106	78	159	152	159	59	134	125
146	17	17	24	111	110	44	170	90	146	48	159	50	16	16	12	54	76
147	95	80	123	148	148	148	169	140	130	161	123	163	58	75	49	64	93
148	111	95	99	118	118	143	141	116	118	79	137	158	56	77	50	47	59
149	30	27	34	126	126	77	160	84	127	36	52	87	14	25	14	33	69
150	67	49	64	132	132	156	150	85	96	40	12	171	40	42	39	75	56
151	23	20	25	94	93	81	82	62	131	115	101	91	51	26	29	121	109
152	21	25	23	70	69	42	89	86	142	167	82	48	54	28	30	114	105
153	55	43	88	151	151	145	168	101	97	31	10	160	48	49	39	88	106
154	134	120	113	82	80	94	99	133	123	101	102	107	171	80	59	162	9
155	171	161	144	103	103	136	133	141	102	121	128	152	147	155	59	120	87
156	124	107	121	128	128	125	144	121	100	151	33	140	59	88	50	27	49
157	157	142	130	105	105	143	136	133	100	101	93	158	85	116	57	45	17
158	145	123	129	129	129	152	145	134	108	64	23	167	53	107	51	15	45
159	178	164	146	96	96	137	105	145	119	30	132	152	91	151	58	19	40
160	64	56	76	138	138	130	159	123	137	145	92	146	66	64	46	99	127
161	96	83	93	120	120	135	126	120	123	137	108	151	57	74	48	50	79
162	114	112	98	73	72	76	77	128	125	150	104	86	86	104	55	68	83
163	85	63	87	140	140	155	167	122	126	55	11	170	67	61	49	101	108
164	6	7	8	108	107	39	163	81	152	168	112	45	39	9	15	136	124
165	99	104	86	40	40	54	80	126	132	147	87	61	155	97	58	133	75
166	61	64	52	47	47	57	76	118	143	44	130	64	114	65	54	135	102
167	153	144	127	61	60	95	106	142	135	81	9	109	32	106	50	6	7
168	132	135	111	34	34	30	51	125	116	156	176	33	115	110	57	57	28
169	164	156	131	57	56	120	84	129	93	86	18	135	106	146	58	36	58
170	168	173	135	15	15	33	31	125	81	141	173	38	149	163	59	79	55
171	130	139	117	43	43	23	59	125	111	159	83	25	172	144	59	153	123
172	143	135	116	48	48	97	90	138	133	166	110	110	129	125	58	86	60
173	27	33	21	25	25	17	41	103	152	22	15	18	81	32	37	122	80
174	151	143	126	69	68	99	73	147	149	175	98	113	71	135	56	30	71
175	3	3	3	134	134	45	175	33	148	173	21	51	6	3	3	107	100
176	44	55	35	31	31	26	68	131	154	46	71	28	139	57	53	146	119
177	14	23	10	13	13	7	3	55	140	153	165	7	88	27	36	148	111
178	25	29	19	24	24	28	11	54	128	179	53	31	123	40	42	145	140
179	22	22	20	60	59	65	115	51	124	148	24	72	50	22	27	110	89
180	16	15	12	36	36	29	53	42	134	172	161	32	46	19	25	112	98
181	45	59	39	30	30	21	29	129	153	171	95	22	166	73	57	163	142
182	37	35	39	91	89	67	147	109	144	177	99	75	157	71	56	166	156
183	89	69	84	123	123	142	155	80	73	146	149	157	121	91	56	147	143
184	66	67	60	65	63	55	92	57	68	52	96	62	169	100	58	161	149
185	175	169	145	51	51	68	63	101	26	15	90	76	143	157	59	89	38
186	185	175	156	97	97	119	81	102	10	66	158	133	132	165	59	69	70
187	77	85	79	68	67	30	156	65	59	61	37	35	127	95	56	124	112
188	98	103	83	34	34	48	62	68	52	149	20	55	112	108	56	98	107
189	63	62	51	60	58	88	69	67	91	169	114	99	111	62	54	142	113

Πίνακας Π. 6. Τυποποιημένες τιμές παραμέτρων (όπως προκύπτουν από τις βαθμονομημένες).

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
1	-0,310	-0,467	-0,353	0,351	0,315	0,788	0,188	1,023	1,361	1,453	-1,202	0,780	0,388	-0,110	0,516	1,015	1,108
2	0,186	0,304	0,167	-0,603	-0,595	-0,314	-0,727	-0,187	-0,827	0,004	-0,614	-0,332	1,168	0,821	0,707	0,872	1,130
3	0,589	0,419	0,416	-0,021	-0,035	0,878	0,244	0,011	-0,689	1,062	0,791	0,861	0,940	1,007	0,707	0,791	1,421
4	-0,456	-0,409	0,031	1,073	1,085	-0,764	1,495	-0,236	-0,666	-1,250	-0,690	-0,756	0,521	0,118	0,389	0,527	1,354
5	1,323	1,344	1,298	0,072	0,035	0,608	0,319	0,529	-1,196	-0,603	1,361	0,619	0,198	1,338	0,707	-1,202	-0,301
6	1,579	1,576	1,479	-0,347	-0,385	0,181	0,637	0,603	-1,380	-0,447	1,228	0,214	0,844	1,483	0,770	-0,226	-0,882
7	-0,035	-0,120	-0,240	-0,673	-0,665	0,428	0,338	-0,360	-0,366	-1,113	0,810	0,457	0,464	0,159	0,580	0,730	0,750
8	-0,676	-0,371	-0,874	-1,464	-1,458	-1,304	-1,417	0,035	0,877	-1,485	0,487	-1,343	1,719	-0,068	0,770	1,726	1,018
9	-1,172	-1,122	-1,372	-1,534	-1,528	-1,529	-1,492	-0,483	1,085	-0,427	-1,069	-1,565	1,415	-0,771	0,580	1,625	1,443
10	1,506	1,460	1,547	0,537	0,549	0,091	0,749	1,467	0,002	0,415	0,260	0,073	0,921	1,669	0,770	0,100	1,667
11	1,671	1,614	1,592	-0,254	-0,291	0,563	-0,129	0,332	-1,656	0,729	-1,031	0,578	0,730	1,525	0,770	-0,511	-1,217
12	-0,291	-0,351	-0,286	0,281	0,245	0,316	-0,428	-0,483	-0,505	-1,132	-0,956	0,376	1,681	0,718	0,770	1,726	1,712
13	0,167	0,150	0,303	0,421	0,409	0,585	-0,054	0,109	-0,343	0,102	-1,335	0,598	1,586	0,863	0,770	1,645	1,466
14	0,094	0,130	0,280	0,444	0,432	0,473	-0,204	0,875	0,854	-0,662	-0,158	0,517	1,643	0,925	0,770	1,665	1,555
15	1,433	1,209	1,366	0,840	0,805	1,597	0,468	0,875	-0,735	-0,016	-1,506	1,549	0,084	1,069	0,707	-0,999	-1,061
16	1,158	1,036	1,185	0,677	0,688	1,170	0,767	0,801	-0,482	-0,917	-0,975	1,185	-0,981	0,656	0,325	-1,629	-1,530
17	1,543	1,441	1,321	-0,743	-0,735	0,653	-0,689	0,801	-0,919	0,337	-0,823	0,639	-0,068	1,359	0,707	-1,527	-1,016
18	1,616	1,441	1,524	0,491	0,479	1,373	0,450	1,196	-0,597	-0,290	-1,221	1,347	-0,163	1,628	0,707	-1,548	1,242
19	0,552	0,246	0,551	0,747	0,758	1,238	1,066	0,702	0,348	-1,622	1,323	1,245	-0,810	-0,027	0,198	-1,141	-0,614
20	0,699	0,477	0,642	0,630	0,642	1,058	0,711	0,702	0,255	-0,838	0,601	1,063	-0,049	0,346	0,580	-0,144	-0,189
21	0,864	0,574	0,891	0,863	0,875	1,215	0,506	0,702	-0,044	1,042	-1,240	1,225	-0,239	0,221	0,580	-0,551	-1,262
22	0,992	0,747	1,660	1,794	1,808	1,552	1,663	1,344	-0,551	1,316	1,608	1,508	-1,627	-0,254	-0,756	-1,731	-1,754
23	1,708	1,653	1,683	0,723	0,735	1,328	0,618	1,689	0,900	-1,289	-0,993	1,306	-1,437	1,111	0,325	-1,751	-1,776
24	-0,713	-0,756	-0,105	1,561	1,575	0,945	1,458	0,480	0,555	0,944	-1,145	0,962	-1,570	-0,937	-1,455	-1,568	-0,636
25	-0,878	-0,737	-0,851	-0,184	-0,198	-0,629	0,282	-0,162	0,463	-0,643	-0,671	-0,615	-0,562	-0,668	-0,501	-0,409	0,929
26	1,084	1,190	0,981	-1,138	-1,131	-0,899	-1,641	0,603	-0,389	-1,034	-0,804	-0,878	1,301	1,132	0,770	0,811	-0,748
27	1,359	1,576	0,665	-1,720	-1,714	-1,079	-1,716	0,603	0,025	-0,388	-0,652	-1,080	1,054	1,173	0,770	-0,206	-1,620
28	0,791	0,843	0,665	-0,929	-0,921	-0,539	-0,521	0,233	-0,528	-1,191	0,392	-0,534	0,806	0,842	0,707	-0,043	-0,323
29	0,497	0,554	0,348	-0,906	-0,874	-0,629	-0,708	0,233	-0,205	-1,426	0,355	-0,635	0,978	0,635	0,707	0,425	0,169
30	-0,438	-0,255	-0,648	-1,069	-1,061	-0,966	-0,745	-0,211	0,163	-1,661	0,241	-0,938	1,111	-0,089	0,643	1,259	0,817
31	1,451	1,460	1,253	-0,975	-0,968	-0,292	-0,951	-0,088	-1,679	-0,878	-0,652	-0,312	0,997	1,566	0,770	0,100	0,012
32	0,974	0,940	0,846	-0,696	-0,688	0,361	-0,633	-0,162	-1,357	-0,623	-0,785	0,396	0,635	0,925	0,707	-0,348	-0,435
33	0,901	1,055	0,778	-1,278	-1,271	-1,191	-1,119	-0,360	-1,403	0,023	0,924	-1,201	0,692	0,904	0,707	-0,694	-1,284
34	1,176	1,498	1,027	-1,650	-1,621	-1,551	-1,604	-0,162	-1,564	-0,055	1,494	-1,585	1,206	1,214	0,770	-0,002	-1,530
35	-0,860	-0,814	-0,829	0,025	0,012	-0,179	0,356	-0,804	-0,067	-0,270	1,665	-0,170	0,217	-0,585	0,325	1,157	1,197
36	0,607	0,496	0,438	-0,254	-0,291	0,271	-0,540	-0,137	-0,988	-0,407	-0,728	0,336	-0,296	0,056	0,389	-0,958	-1,106
37	-0,823	-1,064	-0,557	1,445	1,458	1,350	1,122	-0,804	-0,436	-1,406	0,639	1,326	-0,011	-0,709	0,135	1,137	1,488
38	-1,135	-1,161	-0,738	1,585	1,598	0,248	1,533	-0,853	-0,228	-1,681	-1,012	0,295	-1,608	-1,392	-2,154	-1,405	-1,039
39	0,937	0,920	0,800	-0,882	-0,851	0,203	-0,670	-0,113	-1,173	-0,349	-0,462	0,214	-1,380	0,118	-0,056	-1,670	-1,709
40	-0,420	-0,390	-0,580	-0,789	-0,781	-0,112	-1,100	-1,001	-0,666	-0,545	-0,310	-0,089	-1,551	-0,896	-1,264	-1,609	-1,575
41	-0,053	0,362	-0,331	-1,488	-1,481	-1,281	-1,399	-1,026	-1,080	-0,114	0,449	-1,323	-0,600	-0,068	0,262	-1,080	-1,083
42	-0,255	-0,313	-0,308	0,072	0,059	0,450	0,151	-1,076	-1,104	-0,035	0,658	0,497	0,616	0,283	0,580	1,076	1,421
43	0,662	0,265	0,619	0,933	0,945	1,507	-0,110	-0,508	-1,426	0,356	-1,487	1,468	0,445	0,966	0,643	0,486	1,510
44	1,323	1,287	1,275	0,211	0,175	0,968	0,170	0,134	-1,610	0,278	-1,259	0,983	-1,247	0,594	0,325	-1,690	-1,732
45	1,249	1,267	1,162	-0,277	-0,315	0,720	-0,297	0,035	-1,541	0,552	0,620	0,720	-1,209	0,801	0,262	-1,710	-1,665
46	-0,750	-1,007	-0,602	1,329	1,342	1,642	1,327	-0,927	-0,551	-0,153	-0,519	1,589	0,274	-0,647	0,262	1,320	1,466
47	-1,538	-1,604	-1,711	0,421	0,385	0,203	0,842	-0,977	1,384	-1,602	-0,842	0,234	-1,095	-1,599	-1,773	0,994	1,085

(συνέχεια Πίνακας Π. 6)

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
48	-0,640	-0,621	-0,761	-0,231	-0,245	0,406	-0,148	-0,606	-0,090	-0,525	-0,481	0,437	0,141	-0,730	0,262	0,750	0,527
49	1,231	1,152	1,208	0,049	0,035	0,855	-0,839	1,418	0,440	0,787	1,702	0,841	0,312	1,400	0,707	-0,938	0,437
50	0,754	0,670	0,597	-0,487	-0,478	0,226	-0,614	1,122	0,831	0,396	-0,082	0,255	1,472	1,028	0,770	1,462	0,907
51	-1,153	-1,238	-1,191	0,398	0,362	0,495	1,029	-1,026	0,440	0,866	0,468	0,538	-0,106	-1,102	-0,247	1,279	0,996
52	-0,401	-0,332	-0,399	-0,068	-0,081	-0,224	-0,932	0,282	0,532	0,983	-1,107	-0,231	0,711	0,449	0,580	1,096	1,622
53	-0,273	-0,197	-0,467	-0,719	-0,711	-0,157	-0,446	0,282	0,624	-1,563	-0,348	-0,150	1,662	0,490	0,770	1,706	1,577
54	-1,648	-1,700	-1,756	-0,510	-0,501	-0,989	0,132	-1,051	1,568	-1,504	1,209	-0,959	-1,076	-1,682	-2,282	1,035	1,063
55	-0,493	-0,525	-0,602	-0,207	-0,245	-0,022	-0,166	0,430	0,946	1,003	1,740	-0,008	-0,715	-0,689	-0,120	-0,450	-0,055
56	0,259	0,188	0,303	0,235	0,199	0,675	0,020	0,455	0,140	-1,015	-0,918	0,679	-0,524	0,139	0,262	-0,877	0,079
57	-0,475	-0,602	-0,557	0,607	0,619	1,035	0,655	0,208	0,578	-1,093	-0,880	1,043	-0,943	-0,854	-0,438	-0,612	-0,770
58	-0,126	-0,294	0,008	0,863	0,852	0,518	0,431	0,677	0,808	-1,720	1,342	0,558	0,293	-0,047	0,389	0,344	0,951
59	-0,218	-0,197	-0,263	-0,091	-0,105	-0,044	0,917	0,356	0,601	-0,956	0,430	-0,028	1,358	0,263	0,707	1,381	1,242
60	0,039	-0,062	1,004	1,678	1,692	0,743	0,861	-0,952	-1,772	-1,308	0,943	0,740	0,046	0,015	0,516	0,384	0,504
61	0,241	0,323	0,506	0,467	0,455	-0,202	0,674	-1,594	-1,795	-0,368	-0,899	-0,190	1,567	0,904	0,770	1,584	1,264
62	0,149	0,458	0,257	-0,766	-0,758	-0,876	1,085	-1,643	-1,725	-0,799	0,127	-0,858	1,605	1,235	0,770	1,564	1,644
63	-0,090	-0,217	0,393	1,398	1,412	0,698	1,309	-1,520	-1,748	-0,897	0,317	0,699	1,320	0,987	0,707	1,401	1,734
64	-0,346	-0,159	0,212	0,910	0,922	-1,101	1,626	-1,495	-1,702	-0,760	0,696	-1,060	1,700	0,780	0,770	1,686	1,600
65	-0,786	-0,852	-0,670	0,886	0,898	0,968	-1,249	-1,347	-0,942	0,298	-0,367	0,983	0,502	-0,606	0,262	1,055	1,309
66	0,332	0,400	0,280	-0,533	-0,525	-0,247	1,551	-0,286	-0,965	0,631	-1,639	-0,251	1,092	0,945	0,707	0,832	1,242
67	-0,603	-0,775	-0,376	1,352	1,365	1,395	-1,567	-0,730	-0,735	-1,387	0,886	1,367	-0,391	-0,751	0,007	0,547	0,951
68	0,479	0,882	0,529	-1,115	-1,108	-1,461	-1,287	0,258	-0,366	0,807	-0,025	-1,505	0,065	0,614	0,580	-0,917	-0,971
69	0,516	0,805	0,325	-1,325	-1,318	-1,259	1,253	0,850	0,762	1,571	-0,633	-1,282	-0,258	0,697	0,516	-1,060	-0,480
70	-0,952	-0,968	-1,032	-0,370	-0,385	-0,449	-1,585	-0,829	0,163	0,063	1,000	-0,433	-0,372	-0,916	-0,120	0,567	0,236
71	-0,365	-0,024	-0,580	-1,418	-1,411	-1,394	-0,913	-0,063	0,371	1,277	0,734	-1,424	-0,277	0,097	0,198	-0,795	0,459
72	-0,805	-0,274	-0,942	-1,674	-1,644	-1,686	-1,081	-0,335	0,555	0,905	-0,063	-1,707	1,282	-0,089	0,643	1,259	0,840
73	-1,080	-0,679	-1,168	-1,604	-1,574	-1,663	0,487	-0,681	0,647	0,141	0,279	-1,687	1,244	-0,627	0,452	1,259	0,795
74	-1,410	-1,431	-1,530	-0,440	-0,431	-0,831	-1,735	-0,705	1,200	-1,073	-0,215	-0,817	-0,334	-1,206	-0,819	1,299	1,153
75	0,772	0,689	0,574	-0,626	-0,618	0,203	1,719	1,146	0,877	0,650	0,089	0,214	-0,429	0,511	0,389	-1,324	-0,412
76	-1,575	-1,585	-1,575	1,166	1,178	-0,606	-1,324	-0,631	1,338	0,826	-1,183	-0,595	-1,038	-1,578	-1,964	0,893	1,175
77	-0,970	-1,026	-1,010	0,142	0,105	0,113	1,701	0,751	1,499	0,846	-1,715	0,113	-0,353	-0,978	-0,247	0,649	0,303
78	-1,703	-1,739	-1,824	1,608	1,622	0,136	0,412	-1,841	1,154	1,649	0,905	0,133	-1,741	-1,785	-2,854	-0,083	0,348
79	-1,612	-1,681	-1,553	1,631	1,645	0,068	1,197	-1,125	0,969	0,768	1,152	0,093	-1,513	-1,702	-2,599	0,059	0,504
80	-1,373	-1,469	-1,145	1,654	1,668	0,675	-1,305	-0,903	0,255	0,670	0,563	0,659	-1,665	-1,557	-2,536	-1,121	-0,837
81	0,131	0,342	0,303	-0,207	-0,221	-0,472	1,682	-0,755	-1,288	-0,192	-0,443	-0,453	-0,619	-0,213	0,198	-1,263	-1,352
82	-1,502	-1,508	-1,462	0,863	0,875	-1,371	-1,529	-1,372	0,624	-1,641	1,019	-1,403	-1,114	-1,516	-1,900	0,120	0,370
83	-1,593	-1,546	-1,666	0,235	0,199	-1,124	0,300	-1,545	0,993	-1,739	0,772	-1,120	-1,304	-1,537	-2,345	0,303	1,331
84	-1,465	-1,527	-1,507	1,282	1,295	1,103	1,010	-1,742	0,302	-0,388	0,981	1,124	-1,532	-1,620	-2,472	-0,043	0,415
85	-1,557	-1,662	-1,734	0,817	0,782	0,810	0,786	-1,767	0,785	0,591	-0,557	0,801	-1,684	-1,723	-2,663	-0,694	-0,189
86	-1,392	-1,373	-1,485	-0,487	-0,478	-0,674	-0,895	-1,890	-0,320	1,179	0,165	-0,655	-1,418	-1,454	-1,836	-0,653	-0,323
87	-1,098	-0,872	-1,236	-1,464	-1,458	-1,574	-0,558	-1,866	-0,942	0,964	0,867	-1,606	0,122	-0,834	-0,056	0,588	0,303
88	-0,988	-0,930	-1,123	-0,813	-0,805	-0,764	0,114	-1,791	-1,034	0,885	-0,424	-0,756	-1,171	-1,020	-1,010	-0,714	-0,278
89	-0,200	-0,255	-0,331	-0,138	-0,151	0,158	0,263	-0,779	-0,873	-0,584	1,437	0,174	0,008	-0,544	0,325	0,181	-0,524
90	0,956	1,267	0,778	-1,581	-1,574	-1,506	-1,473	0,504	-0,274	1,218	1,171	-1,545	1,377	1,276	0,770	0,730	-0,167
91	-0,383	-0,005	-0,534	-1,348	-1,341	-1,439	-0,783	-0,730	-0,413	0,513	0,146	-1,484	0,711	-0,151	0,580	0,628	-0,144
92	0,809	1,017	0,484	-1,557	-1,551	-1,416	-1,679	0,060	-0,643	0,376	-1,164	-1,464	0,787	0,739	0,707	-0,633	-1,441
93	0,571	0,631	0,438	-0,859	-0,828	-0,651	-0,820	-0,014	-0,712	-0,231	-0,234	-0,635	1,529	0,987	0,770	1,482	0,884
94	1,194	1,075	1,162	0,561	0,572	1,305	0,823	0,504	-1,127	0,435	0,525	1,286	0,331	1,483	0,707	-0,734	1,220
95	-1,263	-1,276	-1,349	-0,394	-0,408	-0,494	-0,876	-1,816	-0,274	1,257	-1,278	-0,494	-1,323	-1,351	-1,582	-0,572	-0,345
96	-1,300	-1,411	-1,258	1,026	1,038	0,540	1,439	-1,446	0,094	-0,329	-1,430	0,578	-1,228	-1,413	-1,519	0,079	0,102

(συνέχεια Πίνακας Π. 6)

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
97	-0,842	-0,891	-0,806	0,328	0,292	0,158	0,039	-1,396	-0,850	1,022	1,399	0,154	-0,867	-0,875	-0,565	-0,185	0,258
98	-1,025	-1,084	-1,055	0,002	-0,011	-0,404	-0,278	-1,421	-0,436	-1,524	1,114	-0,392	-0,924	-1,061	-0,946	-0,328	0,124
99	0,277	0,111	0,189	0,351	0,315	1,193	0,375	-0,903	-1,311	-0,623	0,203	1,185	0,597	0,304	0,643	0,852	0,661
100	1,048	1,113	0,823	-1,348	-1,341	-0,944	-1,361	-0,458	-1,518	-1,700	1,475	-0,918	1,339	1,318	0,770	0,913	0,325
101	-1,520	-1,565	-1,620	0,956	0,968	0,226	0,805	-1,668	0,785	-1,348	-0,576	0,275	-1,722	-1,744	-2,727	-1,426	-1,307
102	-1,007	-1,045	-0,964	0,258	0,222	0,001	0,562	-1,619	-0,735	-1,544	-0,709	0,012	-0,962	-1,082	-0,883	-0,246	0,035
103	-0,016	-0,043	-0,218	-0,813	-0,781	0,271	-0,353	-1,298	-1,265	0,082	-1,392	0,315	-0,182	-0,192	0,452	0,140	-0,167
104	-0,163	0,651	-0,195	-1,674	-1,668	-1,776	-1,623	-1,322	-1,334	-1,269	-1,088	-1,788	0,902	0,035	0,643	-0,267	-1,508
105	1,121	1,171	0,959	-1,185	-1,178	-0,696	-1,231	-0,039	-1,242	-0,310	1,038	-0,676	0,483	1,028	0,707	-0,958	-1,329
106	0,369	0,728	0,054	-1,511	-1,504	-1,349	-1,268	-1,199	-1,472	0,161	-0,538	-1,383	1,548	0,842	0,770	1,442	0,214
107	0,424	0,516	-0,037	-1,348	-1,341	-0,741	-1,137	-1,199	-1,426	-0,486	-0,329	-0,716	0,179	0,077	0,580	-0,348	-1,128
108	0,222	0,708	0,303	-1,208	-1,201	-1,484	-1,343	-0,755	-1,288	0,239	1,627	-1,525	1,149	0,552	0,707	0,262	-0,390
109	1,103	1,518	0,936	-1,697	-1,691	-1,753	-1,660	-0,113	-1,380	0,121	-0,253	-1,767	1,263	1,090	0,770	-0,063	-1,687
110	0,442	0,670	0,235	-1,255	-1,248	-1,236	-1,380	-0,532	-1,150	0,258	1,456	-1,262	0,559	0,428	0,643	-0,287	-0,815
111	1,561	1,633	1,389	-1,231	-1,224	-0,741	-1,063	0,307	-1,495	-0,133	1,646	-0,736	0,863	1,607	0,770	-0,531	-0,636
112	1,689	1,672	1,637	-0,836	-0,828	-0,359	-1,025	0,381	-1,633	-0,231	1,513	-0,372	0,673	1,607	0,770	-0,836	-1,195
113	0,112	0,766	-0,014	-1,627	-1,598	-1,618	-1,436	-0,434	-0,758	-0,701	0,317	-1,646	1,624	0,532	0,770	1,421	-0,681
114	0,314	0,439	0,031	-1,092	-1,084	-0,472	-0,969	-0,409	-0,804	0,258	0,544	-0,473	0,236	0,201	0,580	-0,124	-0,658
115	-0,548	-0,101	-0,783	-1,581	-1,574	-1,596	-1,511	-1,174	-0,666	-0,525	-1,601	-1,626	-0,448	-0,523	0,071	-0,897	-1,150
116	0,846	0,785	0,710	-0,370	-0,385	0,293	-0,372	0,035	-1,011	0,748	-1,449	0,315	-0,201	0,676	0,580	-0,775	-0,368
117	-1,043	-0,987	-0,919	0,095	0,059	-1,034	0,002	-1,569	-0,896	-1,583	-0,595	-0,999	-1,589	-1,185	-1,646	-1,588	-1,486
118	-0,768	-0,506	-0,896	-1,301	-1,294	-1,214	-1,455	-1,471	-0,781	0,689	-0,386	-1,221	-0,772	-0,792	-0,374	-0,836	-0,994
119	1,213	1,132	1,140	-0,091	-0,105	0,900	0,076	1,443	0,555	1,414	-0,861	0,902	-0,315	0,883	0,643	-1,365	-1,553
120	0,626	0,612	0,461	-0,813	-0,805	-0,427	-0,857	0,579	0,140	1,434	-1,696	-0,413	-0,296	0,863	0,389	-1,243	0,437
121	-0,145	0,015	-0,353	-0,999	-0,991	-1,011	-1,044	-0,039	0,117	1,473	1,095	-0,979	0,578	-0,047	0,580	0,608	0,191
122	-1,227	-1,315	-1,213	0,979	0,992	0,046	0,973	-1,693	-0,297	-1,367	0,829	0,052	-1,399	-1,475	-1,646	-0,592	-0,726
123	-0,658	-0,660	-0,625	0,584	0,595	0,630	-0,017	-1,224	-0,942	-0,995	-1,677	0,639	-0,829	-1,040	-0,374	-0,429	-1,240
124	-0,071	0,034	-0,059	-0,301	-0,338	-0,382	-1,193	-1,273	-1,449	0,533	-1,658	-0,392	0,160	-0,130	0,389	-0,307	-0,144
125	-1,117	-1,180	-0,489	1,747	1,762	0,765	1,589	-1,150	-1,057	1,375	-0,937	0,760	-1,133	-1,227	-1,328	-0,368	-0,077
126	0,387	0,072	0,778	1,491	1,505	1,575	1,103	0,899	0,440	-0,682	-0,139	1,529	-0,905	-0,378	0,071	-1,019	-0,994
127	0,736	0,169	1,117	1,724	1,738	1,732	1,570	0,924	-0,159	0,043	1,684	1,670	-1,266	-0,399	-0,183	-1,487	-1,374
128	0,406	-0,082	0,755	1,515	1,528	1,665	1,271	0,776	0,209	-1,211	-0,120	1,609	-1,342	-0,337	-0,438	-1,507	-0,703
129	0,461	0,130	0,732	1,305	1,318	1,485	0,655	0,727	0,186	-1,446	-0,291	1,448	-1,285	-0,441	-0,183	-1,446	-1,463
130	-1,208	-1,199	-1,281	-0,463	-0,455	-1,034	-0,502	0,653	1,637	0,572	1,190	-1,019	-1,475	-1,330	-1,709	-0,978	-0,860
131	-1,667	-1,623	-1,779	-1,371	-1,364	-1,708	-1,156	-1,248	1,522	1,727	1,551	-1,727	-1,190	-1,661	-2,409	0,445	0,661
132	-1,722	-1,758	-1,847	1,538	1,552	-1,731	1,645	-1,717	1,660	1,688	-1,620	-1,747	-1,703	-1,806	-2,917	0,364	0,616
133	-0,897	-0,910	-0,444	1,422	1,435	-0,134	1,477	1,220	1,430	-0,936	0,506	-0,109	-0,467	-1,123	-0,247	0,323	-1,039
134	0,204	0,092	0,144	0,258	0,222	0,990	0,580	1,294	1,315	1,336	1,418	1,003	-1,057	-0,420	-0,056	-1,304	-1,195
135	-0,695	-0,795	-0,172	1,561	1,575	1,080	1,607	0,554	0,693	0,454	-1,734	1,084	-1,361	-1,144	-1,201	-1,283	-1,396
136	1,378	1,306	1,502	1,096	1,108	1,215	0,693	1,122	-0,666	0,474	-0,500	1,205	0,103	1,256	0,707	-1,141	-0,591
137	1,286	1,248	1,230	0,118	0,082	0,833	-0,017	0,825	-0,574	0,180	-0,557	0,821	1,149	1,442	0,770	0,771	0,459
138	0,827	0,805	0,891	0,188	0,152	-0,157	0,058	0,850	0,232	0,200	1,057	-0,130	1,434	1,049	0,770	1,360	0,772
139	1,598	1,537	1,570	0,305	0,269	0,653	-0,409	1,640	0,647	-0,094	1,133	0,679	0,825	1,649	0,770	-0,104	1,287
140	-0,236	-0,429	-0,127	0,863	0,875	0,923	0,898	0,406	0,509	-0,721	0,032	0,942	-0,543	-0,461	0,007	-0,490	0,169
141	1,011	0,863	1,140	1,142	1,155	1,080	0,543	0,974	-0,113	-0,780	1,570	1,104	-0,581	0,470	0,516	-1,182	-1,173
142	1,414	1,402	1,343	-0,580	-0,571	-0,202	-1,007	1,270	-0,021	0,709	1,721	-0,210	1,016	1,380	0,770	0,201	-0,927
143	1,488	1,364	1,547	1,026	1,038	1,148	1,178	1,393	-0,182	-0,251	1,285	1,165	0,027	1,173	0,707	-1,344	-1,173

(συνέχεια Πίνακας Π. 6)

	Λεκάνες απορροής													Υδρογραφικό δίκτυο			
Αριθμός Λεκάνης Απορροής	Περίμετρος P	Εμβαδό A	Μήκος Λεκάνης Lb	Λόγος Επιμήκυνσης Re	Δείκτης Μορφής Ff	Λόγος Κυκλικότητας Rc	Δείκτης Σχήματος Bs	Ανάγλυφο H	Λόγος Αναγλύφου Rh	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα Hi	Ασυμμετρία AF	Δείκτης Συγκέντρωσης Cc	Λόγος Υδρογραφ. Υφής T	Μήκος Slu	Αριθμός Κλάδων Nu	Συχνότητα Fs	Πυκνότητα Dd
144	1,634	1,421	1,615	0,793	0,782	1,462	0,524	1,517	0,071	-1,230	0,962	1,427	0,768	1,504	0,770	0,161	-0,278
145	1,304	1,094	1,456	1,212	1,225	1,440	1,346	1,615	0,716	0,317	-0,272	1,407	1,130	1,462	0,770	0,954	0,996
146	-1,428	-1,450	-1,326	0,840	0,828	-0,809	1,421	0,307	1,545	-0,819	1,266	-0,797	-1,456	-1,495	-2,218	-0,673	-0,099
147	0,002	-0,236	0,913	1,701	1,715	1,530	1,402	1,541	1,177	1,394	0,582	1,488	-0,657	-0,275	0,135	-0,470	0,281
148	0,296	0,053	0,370	1,003	1,015	1,418	0,879	0,949	0,900	-0,212	0,848	1,387	-0,696	-0,234	0,198	-0,816	-0,480
149	-1,190	-1,257	-1,100	1,189	1,202	-0,067	1,234	0,159	1,108	-1,054	-0,766	-0,049	-1,494	-1,309	-2,091	-1,100	-0,256
150	-0,511	-0,833	-0,421	1,329	1,342	1,710	1,047	0,184	0,394	-0,975	-1,525	1,650	-1,000	-0,958	-0,501	-0,246	-0,547
151	-1,318	-1,392	-1,304	0,444	0,432	0,023	-0,222	-0,384	1,200	0,493	0,165	0,032	-0,791	-1,289	-1,137	0,689	0,638
152	-1,355	-1,296	-1,349	-0,114	-0,128	-0,854	-0,092	0,208	1,453	1,512	-0,196	-0,837	-0,734	-1,247	-1,073	0,547	0,549
153	-0,731	-0,949	0,122	1,771	1,785	1,462	1,383	0,579	0,417	-1,152	-1,563	1,427	-0,848	-0,813	-0,501	0,018	0,571
154	0,717	0,535	0,687	0,165	0,129	0,316	0,095	1,369	1,016	0,219	0,184	0,356	1,491	-0,172	0,770	1,523	-1,597
155	1,396	1,325	1,389	0,654	0,665	1,260	0,730	1,566	0,532	0,611	0,677	1,266	1,035	1,380	0,770	0,669	0,146
156	0,534	0,284	0,868	1,235	1,248	1,013	0,935	1,072	0,486	1,199	-1,126	1,023	-0,638	-0,006	0,198	-1,222	-0,703
157	1,139	0,959	1,072	0,700	0,712	1,418	0,786	1,369	0,486	0,219	0,013	1,387	-0,144	0,573	0,643	-0,856	-1,419
158	0,919	0,593	1,049	1,259	1,272	1,620	0,954	1,393	0,670	-0,505	-1,316	1,569	-0,753	0,387	0,262	-1,466	-0,793
159	1,524	1,383	1,434	0,491	0,502	1,283	0,207	1,665	0,923	-1,171	0,753	1,266	-0,030	1,297	0,707	-1,385	-0,904
160	-0,566	-0,698	-0,150	1,468	1,482	1,125	1,215	1,122	1,338	1,081	-0,006	1,144	-0,505	-0,503	-0,056	0,242	1,041
161	0,020	-0,178	0,235	1,049	1,062	1,238	0,599	1,048	1,016	0,924	0,298	1,245	-0,676	-0,296	0,071	-0,755	-0,032
162	0,351	0,381	0,348	-0,045	-0,058	-0,089	-0,316	1,245	1,062	1,179	0,222	-0,069	-0,125	0,325	0,516	-0,389	0,057
163	-0,181	-0,563	0,099	1,515	1,528	1,687	1,365	1,097	1,085	-0,682	-1,544	1,630	-0,486	-0,565	0,135	0,283	0,616
164	-1,630	-1,643	-1,688	0,770	0,758	-0,921	1,290	0,085	1,684	1,532	0,373	-0,898	-1,019	-1,640	-2,027	0,994	0,974
165	0,075	0,227	0,076	-0,813	-0,805	-0,584	-0,260	1,196	1,223	1,120	-0,101	-0,574	1,187	0,180	0,707	0,933	-0,122
166	-0,621	-0,544	-0,693	-0,650	-0,641	-0,517	-0,334	0,998	1,476	-0,897	0,715	-0,514	0,407	-0,482	0,452	0,974	0,482
167	1,066	0,997	1,004	-0,324	-0,338	0,338	0,226	1,591	1,292	-0,172	-1,582	0,396	-1,152	0,366	0,198	-1,649	-1,642
168	0,681	0,824	0,642	-0,952	-0,944	-1,124	-0,801	1,171	0,854	1,297	1,589	-1,141	0,426	0,449	0,643	-0,612	-1,173
169	1,268	1,229	1,094	-0,417	-0,431	0,900	-0,185	1,270	0,325	-0,075	-1,411	0,922	0,255	1,194	0,707	-1,039	-0,502
170	1,341	1,556	1,185	-1,394	-1,388	-1,056	-1,175	1,171	0,048	1,003	1,532	-1,039	1,073	1,545	0,770	-0,165	-0,569
171	0,644	0,901	0,778	-0,743	-0,735	-1,281	-0,652	1,171	0,739	1,355	-0,177	-1,302	1,510	1,152	0,770	1,340	0,951
172	0,882	0,824	0,755	-0,626	-0,618	0,383	-0,073	1,492	1,246	1,492	0,336	0,416	0,692	0,759	0,707	-0,022	-0,457
173	-1,245	-1,142	-1,394	-1,162	-1,154	-1,416	-0,988	0,628	1,684	-1,328	-1,468	-1,444	-0,220	-1,164	-0,628	0,710	-0,010
174	1,029	0,978	0,981	-0,138	-0,151	0,428	-0,390	1,714	1,614	1,669	0,108	0,477	-0,410	0,966	0,580	-1,161	-0,211
175	-1,685	-1,720	-1,801	1,375	1,388	-0,786	1,514	-1,100	1,591	1,630	-1,354	-0,777	-1,646	-1,764	-2,790	0,405	0,437
176	-0,933	-0,718	-1,077	-1,022	-1,014	-1,214	-0,484	1,319	1,730	-0,858	-0,405	-1,242	0,883	-0,647	0,389	1,198	0,862
177	-1,483	-1,334	-1,643	-1,441	-1,434	-1,641	-1,697	-0,557	1,407	1,238	1,380	-1,666	-0,087	-1,268	-0,692	1,238	0,683
178	-1,282	-1,219	-1,439	-1,185	-1,178	-1,169	-1,548	-0,582	1,131	1,747	-0,747	-1,181	0,578	-0,999	-0,311	1,177	1,331
179	-1,337	-1,354	-1,417	-0,347	-0,361	-0,337	0,394	-0,656	1,039	1,140	-1,297	-0,352	-0,810	-1,371	-1,264	0,466	0,191
180	-1,447	-1,488	-1,598	-0,906	-0,898	-1,146	-0,764	-0,878	1,269	1,610	1,304	-1,161	-0,886	-1,433	-1,391	0,506	0,392
181	-0,915	-0,641	-0,987	-1,045	-1,038	-1,326	-1,212	1,270	1,707	1,590	0,051	-1,363	1,396	-0,316	0,643	1,543	1,376
182	-1,062	-1,103	-0,987	0,374	0,339	-0,292	0,991	0,776	1,499	1,708	0,127	-0,291	1,225	-0,358	0,580	1,604	1,689
183	-0,108	-0,448	0,031	1,119	1,132	1,395	1,141	0,060	-0,136	1,101	1,076	1,367	0,540	0,056	0,580	1,218	1,398
184	-0,530	-0,486	-0,512	-0,231	-0,268	-0,562	-0,036	-0,508	-0,251	-0,740	0,070	-0,554	1,453	0,242	0,707	1,503	1,533
185	1,469	1,479	1,411	-0,557	-0,548	-0,269	-0,577	0,579	-1,219	-1,465	-0,044	-0,271	0,959	1,421	0,770	0,039	-0,949
186	1,653	1,595	1,660	0,514	0,525	0,878	-0,241	0,603	-1,587	-0,466	1,247	0,881	0,749	1,587	0,770	-0,368	-0,234
187	-0,328	-0,139	-0,082	-0,161	-0,175	-1,124	1,159	-0,310	-0,459	-0,564	-1,050	-1,100	0,654	0,139	0,580	0,750	0,705
188	0,057	0,207	0,008	-0,952	-0,944	-0,719	-0,596	-0,236	-0,620	1,159	-1,373	-0,696	0,369	0,408	0,580	0,222	0,594
189	-0,585	-0,583	-0,715	-0,347	-0,385	0,181	-0,465	-0,261	0,278	1,551	0,411	0,194	0,350	-0,544	0,452	1,116	0,728

Πίνακας Π. 7. Οι τιμές των νέων μεταβλητών (παραγοντικές τιμές)- ίσες σε αριθμό με τις παραμέτρους-F1, F2, F3, F4 - και οι βαθμονομημένες τους τιμές R_F1, R_F2, R_F3 και R_F4.

Αριθμός Λεκάνης Απορροής	F1	F2	F3	F4	R_F1	R_F2	R_F3	R_F4
1	0.08652	0.62475	1.14353	1.63258	88	135	157	177
2	0.50447	-0.47187	1.06198	-0.55157	125	61	154	64
3	0.79621	0.41238	1.18437	0.0651	145	117	160	109
4	-0.16636	0.6247	1.19991	-1.1005	72	134	163	26
5	1.21448	0.3143	-0.59791	-0.67187	168	114	64	49
6	1.43483	-0.03921	-0.34466	-0.65498	181	89	74	52
7	0.16698	0.02624	0.84256	-0.77094	95	93	144	42
8	-0.08146	-1.34606	1.62624	0.02524	79	24	177	105
9	-0.67945	-1.48398	1.64909	0.32112	48	19	178	118
10	1.4537	0.59888	0.94554	0.72938	185	132	151	135
11	1.4488	-0.03518	-0.75441	-0.61738	184	90	53	58
12	0.26891	0.35785	2.07035	-1.16387	103	115	188	22
13	0.63375	0.56199	1.81436	-0.34258	132	128	183	80
14	0.69661	0.57881	1.97399	0.38369	139	130	185	121
15	1.21317	1.10637	-0.80158	-0.38079	167	159	48	77
16	0.78038	0.95305	-1.52537	-0.54883	143	149	9	66
17	1.27836	-0.24552	-1.31167	-0.10512	171	71	14	93
18	1.39654	1.08296	-0.19903	-0.18605	179	157	86	91
19	0.33027	1.12665	-0.70715	-0.2587	107	163	58	87
20	0.6197	0.93074	0.02531	-0.03413	130	147	108	100
21	0.66	0.91425	-0.75795	0.45343	135	145	52	126
22	0.50862	1.61435	-1.90228	0.77752	126	183	5	142
23	1.15148	1.09166	-1.81576	0.38653	164	158	6	122
24	-0.80607	1.36139	-1.21035	0.72953	43	174	23	136
25	-0.79969	-0.16592	0.12109	-0.03252	44	81	110	102
26	1.05658	-1.15153	0.10109	-0.42222	160	34	109	75
27	1.08133	-1.64471	-0.82167	0.16217	163	12	43	114
28	0.76978	-0.71458	-0.04473	-0.62967	142	50	100	57
29	0.58459	-0.71674	0.44497	-0.55423	128	49	125	62
30	-0.08454	-0.89393	1.1985	-0.59803	77	40	162	60
31	1.24795	-0.70583	0.02174	-1.36454	169	52	106	15
32	0.88893	-0.2862	-0.31207	-1.16767	149	69	79	21
33	0.75653	-1.47903	-0.91319	-0.70907	141	21	35	46
34	1.07076	-1.9154	-0.70803	-0.68	162	3	57	48
35	-0.52234	0.02531	1.2322	-0.33767	54	92	165	81
36	0.33346	-0.16644	-1.04078	-0.84027	109	80	27	38
37	-0.51378	1.57829	1.49807	-1.32931	55	181	173	17
38	-1.49801	1.129	-1.28203	-1.35077	22	164	18	16
39	0.34818	-0.5288	-2.07874	-0.79552	111	59	1	40
40	-0.88246	-0.73858	-1.9919	-0.90996	41	47	2	33
41	-0.21487	-1.65728	-1.31162	-0.8158	68	10	15	39
42	0.04035	0.27853	1.32085	-1.07041	84	110	171	29
43	0.66549	1.13123	1.00216	-1.15319	136	165	152	23
44	0.78233	0.41243	-1.93468	-0.87294	144	118	4	36
45	0.801	-0.07254	-1.95226	-0.55413	147	87	3	63
46	-0.41911	1.62121	1.59336	-1.00178	60	184	176	30
47	-1.712	0.6358	0.72414	-0.383	14	137	141	76
48	-0.427	0.09128	0.66842	-0.57313	58	96	137	61
49	1.29589	0.23233	-0.18152	1.2143	172	105	87	163
50	1.00491	-0.115	1.31838	1.03816	157	85	170	157
51	-0.92643	0.55782	1.1345	0.19848	38	127	156	115
52	0.07219	-0.18861	1.35516	0.75577	87	78	172	139
53	0.28376	-0.24404	1.94357	-0.25078	106	72	184	89
54	-1.90896	-0.46281	0.54289	0.05646	9	62	129	108
55	-0.41562	-0.2136	-0.35398	1.33946	61	77	73	168
56	0.21017	0.51049	-0.39333	-0.30415	98	122	70	84
57	-0.5457	0.88586	-0.62413	-0.22856	53	144	63	90
58	0.11519	0.88032	0.93197	-0.04141	91	143	150	99
59	0.24528	0.26409	1.6947	0.0558	102	109	180	107
60	0.19852	1.28168	0.62495	-2.06722	96	171	135	2
61	0.4402	0.28375	1.67023	-1.9764	117	111	179	3
62	0.45099	-0.44978	1.76899	-1.91812	120	64	181	4
63	0.33181	1.24841	1.98794	-2.18231	108	170	186	1
64	0.12436	0.29948	2.08684	-1.89653	93	113	189	5
65	-0.44467	0.58084	1.235	-1.11714	57	131	166	25
66	0.53913	0.01787	1.15292	-0.47067	127	91	158	71
67	-0.42325	0.9964	0.69506	-1.42889	59	151	139	12
68	0.46234	-1.49825	-1.03785	0.42538	121	18	28	125
69	0.43155	-0.96067	-0.83153	1.6093	115	38	42	176
70	-0.82133	-0.7015	0.21856	-0.06504	42	54	112	97
71	-0.23291	-1.47602	-0.38451	1.03261	66	22	71	156
72	-0.23981	-1.69391	1.106	0.77071	65	9	155	140
73	-0.58128	-1.33863	1.22779	0.37633	51	25	164	120
74	-1.30877	-0.70953	0.90992	0.00456	27	51	149	103
75	0.59218	0.13081	-0.80801	1.29729	129	100	47	167
76	-1.75576	0.11277	0.5177	0.77842	12	99	128	143
77	-0.72537	0.51107	0.51034	1.40024	47	123	126	171
78	-2.17619	0.70485	-0.32057	0.63937	3	138	76	132
79	-1.93333	0.93606	-0.04959	0.47116	8	148	98	127
80	-1.65395	0.62644	-1.30076	0.0222	16	136	16	104
81	-0.08314	-0.1197	-1.23848	-1.07139	78	84	20	28
82	-1.83508	-0.42875	-0.10002	-0.7719	10	66	93	41
83	-1.98892	-0.16592	0.33261	-0.63842	5	82	120	54
84	-1.78656	1.20216	-0.12815	-0.72855	11	168	92	44
85	-1.98682	0.74426	-0.78721	-0.09953	6	140	51	94
86	-1.70369	-0.85416	-1.00987	-0.25114	15	43	29	88
87	-0.9578	-1.60912	0.25327	-0.55039	37	13	115	65
88	-1.24381	-0.8243	-0.89626	-0.7592	30	45	36	43
89	-0.192	-0.05351	-0.05183	-0.94682	70	88	97	32
90	1.04172	-1.74319	0.23806	0.84231	159	7	114	147
91	-0.16225	-1.48194	0.25405	-0.11156	73	20	116	92
92	0.64951	-1.76555	-0.99526	-0.09162	134	6	30	95
93	0.75481	-0.73429	1.23649	-0.47303	140	48	167	70
94	1.2076	1.01595	0.3308	-0.3236	166	154	119	83
95	-1.57823	-0.70282	-0.95263	-0.30408	19	53	34	85
96	-1.52345	0.98412	-0.08222	-0.84905	21	150	94	37

(συνέχεια Πίνακας Π. 7)

Αριθμός Λεκάνης Απορροής	F1	F2	F3	F4	R_F1	R_F2	R_F3	R_F4
97	-0,88337	0,05834	-0,1792	-0,46243	40	95	89	72
98	-1,18697	-0,22303	-0,28218	-1,32622	32	76	82	18
99	0,37179	0,73789	0,90705	-1,49251	112	139	148	11
100	0,98775	-1,21937	0,62129	-1,56233	154	28	134	10
101	-2,0474	0,60518	-1,48543	-0,90505	4	133	10	34
102	-1,18558	0,24883	-0,24979	-1,77225	33	108	83	6
103	-0,11161	-0,3614	-0,16185	-1,26374	76	68	90	19
104	-0,00915	-1,96048	-0,73695	-1,73309	83	2	56	8
105	0,9252	-1,20584	-1,08141	-0,66496	150	30	25	50
106	0,46856	-1,57904	0,81173	-1,14081	123	15	143	24
107	0,14216	-1,27949	-0,79289	-1,39263	94	27	50	14
108	0,435	-1,60698	0,02403	-0,64586	116	14	107	53
109	0,97922	-2,00846	-0,81997	-0,60208	153	1	45	59
110	0,39829	-1,53792	-0,5506	-0,47582	114	17	67	69
111	1,3695	-1,1705	-0,58341	-0,53645	178	33	65	68
112	1,44806	-0,8573	-0,9564	-0,69615	183	42	33	47
113	0,44129	-1,77532	0,5149	-0,7278	118	5	127	45
114	0,2793	-1,0017	-0,43123	-0,35843	105	37	69	78
115	-0,64755	-1,78189	-1,20469	-0,9633	49	4	24	31
116	0,63974	-0,15551	-0,6989	-0,32369	133	83	59	82
117	-1,49174	-0,48811	-1,76806	-1,74495	23	60	7	7
118	-0,89334	-1,57508	-1,21962	-0,54352	39	16	22	67
119	1,05936	0,24616	-1,37149	1,37478	161	107	12	170
120	0,49256	-0,67296	-0,64256	0,9174	124	55	61	149
121	0,05387	-1,1821	0,35257	0,91293	85	32	122	148
122	-1,58014	0,56499	-0,7508	-1,40961	18	129	54	13
123	-0,79475	0,45745	-0,82116	-1,65947	45	119	44	9
124	-0,12492	-0,62754	-0,30522	-1,1763	75	58	80	20
125	-1,15391	1,29612	-0,36316	-0,63252	34	172	72	56
126	0,22519	1,57669	-0,83214	0,09546	99	180	41	112
127	0,33603	1,71252	-1,32625	0,23363	110	186	13	116
128	0,05868	1,71049	-1,06109	-0,2918	86	185	26	86
129	0,11389	1,37398	-1,37265	-0,43322	90	175	11	74
130	-1,33376	-0,80186	-1,25471	1,71809	26	46	19	181
131	-1,95635	-1,65472	-0,21535	1,52955	7	11	85	174
132	-2,4644	0,23257	-0,0485	0,92985	1	106	99	151
133	-0,63137	0,91742	-0,02876	0,83688	50	146	101	146
134	0,11915	0,51372	-1,23623	1,90606	92	124	21	186
135	-0,78415	1,4276	-1,28509	0,54296	46	176	17	129
136	1,27657	1,11359	-0,63716	0,06582	170	160	62	110
137	1,35274	0,46251	0,73741	-0,06916	177	120	142	96
138	1,01449	0,09162	1,27806	0,57643	158	97	168	131
139	1,56595	0,50524	0,65807	0,96308	188	121	136	153
140	-0,19145	1,04229	-0,02581	0,02814	71	156	102	106
141	0,80712	1,04215	-0,9697	-0,05722	148	155	31	98
142	1,40279	-0,64144	-0,23398	0,94318	180	57	84	152
143	1,32813	1,11711	-0,89229	0,26788	174	161	37	117

Αριθμός Λεκάνης Απορροής	F1	F2	F3	F4	R_F1	R_F2	R_F3	R_F4
144	1.58127	1.1661	0.26732	-0.03341	189	167	118	101
145	1.44128	1.57066	1.28585	0.91917	182	179	169	150
146	-1.63236	0.36186	-0.55885	0.81519	17	116	66	144
147	0.27628	1.72754	0.01812	1.73627	104	187	105	182
148	0.23418	1.23212	-0.48181	0.69966	100	169	68	133
149	-1.4592	0.84152	-0.80862	0.16153	24	141	46	113
150	-0.57152	1.59353	-0.31308	-0.43611	52	182	78	73
151	-1.2632	0.20018	0.41612	0.75445	28	102	124	138
152	-1.23549	-0.42288	0.2327	1.6757	31	67	113	179
153	-0.49169	1.90376	0.34558	-0.34932	56	189	121	79
154	0.80032	0.15392	0.41564	1.11149	146	101	123	160
155	1.49125	1.0081	0.67907	1.05298	186	153	138	158
156	0.38917	1.1435	-0.85736	0.99745	113	166	39	155
157	0.99188	1.00353	-0.86473	0.74591	156	152	38	137
158	0.67222	1.51802	-0.95768	0.41258	137	178	32	123
159	1.35012	0.86813	-0.8413	0.56169	176	142	40	130
160	-0.22324	1.48579	0.70488	1.52255	67	177	140	173
161	0.09209	1.1243	-0.3172	1.28173	89	162	77	165
162	0.44134	-0.10747	-0.17924	1.64267	119	86	88	178
163	-0.06228	1.87152	0.59304	0.42115	81	188	130	124
164	-1.72058	0.23138	0.60044	1.77527	13	104	131	184
165	0.46471	-0.66873	0.62035	1.70596	122	56	133	180
166	-0.19567	-0.43157	0.8538	0.96639	69	65	145	154
167	0.63165	0.09487	-1.76759	1.17553	131	98	8	161
168	0.6801	-1.21121	-0.79841	1.76522	138	29	49	183
169	1.18745	0.22169	-0.65281	0.49016	165	103	60	128
170	1.34808	-1.39181	-0.34013	1.18567	175	23	75	162
171	0.93711	-0.93152	1.16226	1.55553	151	39	159	175
172	0.98951	-0.17269	-0.08193	1.95777	155	79	95	187
173	-1.06682	-1.13089	0.18747	0.71016	35	36	111	134
174	0.94327	0.05365	-0.74965	2.30605	152	94	55	188
175	-2.19944	0.54729	-0.06798	1.0902	2	126	96	159
176	-0.36681	-0.86553	1.18491	1.25013	62	41	161	164
177	-1.25977	-1.72156	0.60238	1.45955	29	8	132	172
178	-0.97481	-1.31658	1.04262	1.28238	36	26	153	166
179	-1.38181	-0.24849	0.01632	0.8179	25	70	104	145
180	-1.53044	-1.14074	-0.0193	1.36825	20	35	103	169
181	-0.14854	-1.19014	1.57307	2.32409	74	31	175	189
182	-0.30562	0.29176	2.0086	1.88743	63	112	187	185
183	0.23754	1.32836	1.51147	0.32709	101	173	174	119
184	-0.02048	-0.24162	1.80391	-0.65542	82	73	182	51
185	1.3136	-0.45323	-0.30092	-1.09276	173	63	81	27
186	1.53475	0.53171	-0.1284	-0.88907	187	125	91	35
187	-0.06456	-0.23384	0.88994	-0.63723	80	74	147	55
188	0.19974	-0.84554	0.26078	0.08024	97	44	117	111
189	-0.25597	-0.23243	0.88692	0.77747	64	75	146	141

Πίνακας Π. 8. Πίνακας βαρών και ιεράρχησης μετά τη διαδικασία της αναλυτικής ιεράρχησης.

Αριθμός λεκάνης απορροής	Αριθμός Ομάδας Γεωλογικού Σχηματισμού	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 2ου Παράγοντα	Βάρη 2ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 3ου Παράγοντα	Βάρη_3ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 4ου Παράγοντα	Βάρη 4ου παράγοντα	Σύνολο παραγόντων μετά την χρήση βαρών	Τελική Ιεράρχηση
1	1	135	0,1429	157	0,1429	177	0,7143	168,1579	187
2	2	61	0,4545	154	0,4545	64	0,0909	103,5351	119
3	2	117	0,4545	160	0,4545	109	0,0909	135,8046	170
4	4	134	0,1822	163	0,1149	26	0,7028	61,4163	48
5	4	114	0,1822	64	0,1149	49	0,7028	62,5616	49
6	4	89	0,1822	74	0,1149	52	0,7028	61,264	45
7	4	93	0,1822	144	0,1149	42	0,7028	63,0078	51
8	4	24	0,1822	177	0,1149	105	0,7028	98,5041	107
9	4	19	0,1822	178	0,1149	118	0,7028	106,8444	124
10	4	132	0,1822	151	0,1149	135	0,7028	136,2783	171
11	4	90	0,1822	53	0,1149	58	0,7028	63,2501	52
12	4	115	0,1822	188	0,1149	22	0,7028	58,0158	41
13	4	128	0,1822	183	0,1149	80	0,7028	100,5723	113
14	4	130	0,1822	185	0,1149	121	0,7028	129,9813	163
15	4	159	0,1822	48	0,1149	77	0,7028	88,6006	90
16	4	149	0,1822	9	0,1149	66	0,7028	74,5667	67
17	4	71	0,1822	14	0,1149	93	0,7028	79,9052	78
18	4	157	0,1822	86	0,1149	91	0,7028	102,4416	118
19	3	163	0,5559	58	0,3537	87	0,0904	118,9911	143
20	3	147	0,5559	108	0,3537	100	0,0904	128,9569	159
21	3	145	0,5559	52	0,3537	126	0,0904	110,3883	129
22	3	183	0,5559	5	0,3537	142	0,0904	116,335	138
23	3	158	0,5559	6	0,3537	122	0,0904	100,9832	115
24	1	174	0,1429	23	0,1429	136	0,7143	125,2961	150
25	3	81	0,5559	110	0,3537	102	0,0904	93,1557	94
26	3	34	0,5559	109	0,3537	75	0,0904	64,2339	54
27	3	12	0,5559	43	0,3537	114	0,0904	32,1855	11
28	3	50	0,5559	100	0,3537	57	0,0904	68,3178	58
29	3	49	0,5559	125	0,3537	62	0,0904	77,0564	70
30	3	40	0,5559	162	0,3537	60	0,0904	84,9594	85
31	3	52	0,5559	106	0,3537	15	0,0904	67,755	56
32	3	69	0,5559	79	0,3537	21	0,0904	68,1978	57
33	3	21	0,5559	35	0,3537	46	0,0904	28,2118	8
34	3	3	0,5559	57	0,3537	48	0,0904	26,1678	6
35	3	92	0,5559	165	0,3537	81	0,0904	116,8257	140
36	3	80	0,5559	27	0,3537	38	0,0904	57,4571	39
37	3	181	0,5559	173	0,3537	17	0,0904	163,3448	184
38	3	164	0,5559	18	0,3537	16	0,0904	98,9806	110
39	3	59	0,5559	1	0,3537	40	0,0904	36,7678	18
40	3	47	0,5559	2	0,3537	33	0,0904	29,8179	10
41	3	10	0,5559	15	0,3537	39	0,0904	14,3901	2
42	3	110	0,5559	171	0,3537	29	0,0904	124,2533	148
43	3	165	0,5559	152	0,3537	23	0,0904	147,5651	178
44	3	118	0,5559	4	0,3537	36	0,0904	70,2654	62
45	3	87	0,5559	3	0,3537	63	0,0904	55,1196	38
46	3	184	0,5559	176	0,3537	30	0,0904	167,2488	186
47	2	137	0,4545	141	0,4545	76	0,0909	133,2594	166

(συνέχεια Πίνακας Π. 8)

Αριθμός λεκάνης απορροής	Αριθμός Ομάδας Γεωλογικού Σχηματισμού	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 2ου Παράγοντα	Βάρη 2ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 3ου Παράγοντα	Βάρη_3ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 4ου Παράγοντα	Βάρη 4ου παράγοντα	Σύνολο παραγόντων μετά την χρήση βαρών	Τελική Ιεράρχηση
48	4	96	0,1822	137	0,1149	61	0,7028	76,1033	69
49	2	105	0,4545	87	0,4545	163	0,0909	102,0807	116
50	2	85	0,4545	170	0,4545	157	0,0909	130,1688	164
51	2	127	0,4545	156	0,4545	115	0,0909	139,077	174
52	2	78	0,4545	172	0,4545	139	0,0909	126,2601	153
53	2	72	0,4545	184	0,4545	89	0,0909	124,4421	149
54	2	62	0,4545	129	0,4545	108	0,0909	96,6267	104
55	2	77	0,4545	73	0,4545	168	0,0909	83,4462	82
56	2	122	0,4545	70	0,4545	84	0,0909	94,8996	99
57	4	144	0,1822	63	0,1149	90	0,7028	96,7275	105
58	4	143	0,1822	150	0,1149	99	0,7028	112,8668	132
59	4	109	0,1822	180	0,1149	107	0,7028	115,7414	135
60	4	171	0,1822	135	0,1149	2	0,7028	48,0733	28
61	4	111	0,1822	179	0,1149	3	0,7028	42,8997	22
62	4	64	0,1822	181	0,1149	4	0,7028	35,2689	14
63	4	170	0,1822	186	0,1149	1	0,7028	53,0482	37
64	4	113	0,1822	189	0,1149	5	0,7028	45,8187	25
65	4	131	0,1822	166	0,1149	25	0,7028	60,5116	44
66	4	91	0,1822	158	0,1149	71	0,7028	84,6332	83
67	4	151	0,1822	139	0,1149	12	0,7028	51,9169	33
68	4	18	0,1822	28	0,1149	125	0,7028	94,3468	97
69	4	38	0,1822	42	0,1149	176	0,7028	135,4422	169
70	4	54	0,1822	112	0,1149	97	0,7028	90,8792	93
71	4	22	0,1822	71	0,1149	156	0,7028	121,8031	144
72	2	9	0,4545	155	0,4545	140	0,0909	87,264	88
73	4	25	0,1822	164	0,1149	120	0,7028	107,7346	127
74	4	51	0,1822	149	0,1149	103	0,7028	98,8007	108
75	3	100	0,5559	47	0,3537	167	0,0904	87,3107	89
76	2	99	0,4545	128	0,4545	143	0,0909	116,1702	136
77	2	123	0,4545	126	0,4545	171	0,0909	128,7144	158
78	4	138	0,1822	76	0,1149	132	0,7028	126,6456	154
79	1	148	0,1429	98	0,1429	127	0,7143	125,8695	152
80	3	136	0,5559	16	0,3537	104	0,0904	90,6632	92
81	2	84	0,4545	20	0,4545	28	0,0909	49,8132	31
82	2	66	0,4545	93	0,4545	41	0,0909	75,9924	68
83	4	82	0,1822	120	0,1149	54	0,7028	66,6796	55
84	3	168	0,5559	92	0,3537	44	0,0904	129,9092	162
85	3	140	0,5559	51	0,3537	94	0,0904	104,3623	120
86	4	43	0,1822	29	0,1149	88	0,7028	73,0131	65
87	4	13	0,1822	115	0,1149	65	0,7028	61,2641	46
88	4	45	0,1822	36	0,1149	43	0,7028	42,5558	21
89	4	88	0,1822	97	0,1149	32	0,7028	49,6685	30
90	4	7	0,1822	114	0,1149	147	0,7028	117,6856	142
91	4	20	0,1822	116	0,1149	92	0,7028	81,63	79
92	4	6	0,1822	30	0,1149	95	0,7028	71,3062	64
93	4	48	0,1822	167	0,1149	70	0,7028	77,1299	71
94	4	154	0,1822	119	0,1149	83	0,7028	100,0643	112
95	4	53	0,1822	34	0,1149	85	0,7028	73,3012	66
96	4	150	0,1822	94	0,1149	37	0,7028	64,1342	53

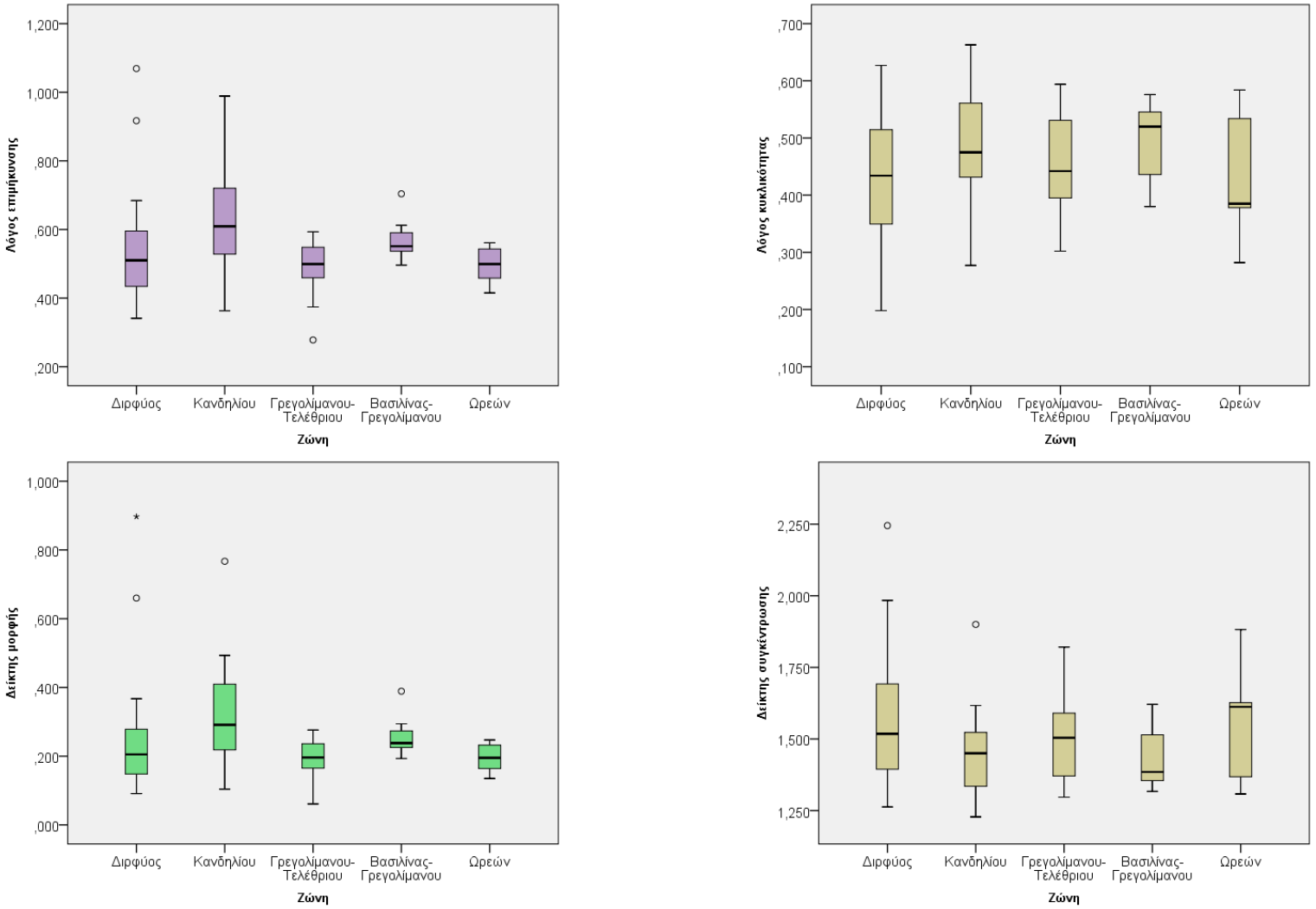
(συνέχεια Πίνακας Π. 8)

Αριθμός λεκάνης απορροής	Αριθμός Ομάδας Γεωλογικού Σχηματισμού	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 2ου Παράγοντα	Βάρη 2ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 3ου Παράγοντα	Βάρη_3ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 4ου Παράγοντα	Βάρη 4ου παράγοντα	Σύνολο παραγόντων μετά την χρήση βαρών	Τελική Ιεράρχηση
97	4	95	0,1822	89	0,1149	72	0,7028	78,1367	73
98	4	76	0,1822	82	0,1149	18	0,7028	35,9194	15
99	4	139	0,1822	148	0,1149	11	0,7028	50,0618	32
100	4	28	0,1822	134	0,1149	10	0,7028	27,5262	7
101	4	133	0,1822	10	0,1149	34	0,7028	49,2768	29
102	4	108	0,1822	83	0,1149	6	0,7028	33,4311	12
103	4	68	0,1822	90	0,1149	19	0,7028	36,0838	17
104	4	2	0,1822	56	0,1149	8	0,7028	12,4212	1
105	4	30	0,1822	25	0,1149	50	0,7028	43,4785	23
106	4	15	0,1822	143	0,1149	24	0,7028	36,0309	16
107	4	27	0,1822	50	0,1149	14	0,7028	20,5036	4
108	4	14	0,1822	107	0,1149	53	0,7028	52,0935	35
109	4	1	0,1822	45	0,1149	59	0,7028	46,8179	26
110	4	17	0,1822	67	0,1149	69	0,7028	59,2889	43
111	4	33	0,1822	65	0,1149	68	0,7028	61,2715	47
112	4	42	0,1822	33	0,1149	47	0,7028	44,4757	24
113	4	5	0,1822	127	0,1149	45	0,7028	47,1293	27
114	4	37	0,1822	69	0,1149	78	0,7028	69,4879	60
115	4	4	0,1822	24	0,1149	31	0,7028	25,2732	5
116	4	83	0,1822	59	0,1149	82	0,7028	79,5313	77
117	4	60	0,1822	7	0,1149	7	0,7028	16,6559	3
118	4	16	0,1822	22	0,1149	67	0,7028	52,5306	36
119	4	107	0,1822	12	0,1149	170	0,7028	140,3502	175
120	1	55	0,1429	61	0,1429	149	0,7143	123,0071	145
121	1	32	0,1429	122	0,1429	148	0,7143	127,723	156
122	4	129	0,1822	54	0,1149	13	0,7028	38,8448	19
123	1	119	0,1429	44	0,1429	9	0,7143	29,7214	9
124	4	58	0,1822	80	0,1149	20	0,7028	33,8156	13
125	4	172	0,1822	72	0,1149	56	0,7028	78,968	74
126	4	180	0,1822	41	0,1149	112	0,7028	116,2205	137
127	4	186	0,1822	13	0,1149	116	0,7028	116,9077	141
128	4	185	0,1822	26	0,1149	86	0,7028	97,1352	106
129	4	175	0,1822	11	0,1149	74	0,7028	85,1561	86
130	4	46	0,1822	19	0,1149	181	0,7028	137,7711	172
131	4	11	0,1822	85	0,1149	174	0,7028	134,0579	167
132	2	106	0,4545	99	0,4545	151	0,0909	106,8984	125
133	2	146	0,4545	101	0,4545	146	0,0909	125,5329	151
134	2	124	0,4545	21	0,4545	186	0,0909	82,8099	80
135	2	176	0,4545	17	0,4545	129	0,0909	99,4446	111
136	2	160	0,4545	62	0,4545	110	0,0909	110,898	131
137	2	120	0,4545	142	0,4545	96	0,0909	127,8054	157
138	4	97	0,1822	168	0,1149	131	0,7028	129,0434	160
139	4	121	0,1822	136	0,1149	153	0,7028	145,201	176
140	2	156	0,4545	102	0,4545	106	0,0909	126,8964	155
141	2	155	0,4545	31	0,4545	98	0,0909	93,4452	96
142	2	57	0,4545	84	0,4545	152	0,0909	77,9013	72
143	2	161	0,4545	37	0,4545	117	0,0909	100,6263	114

(συνέχεια Πίνακας Π. 8)

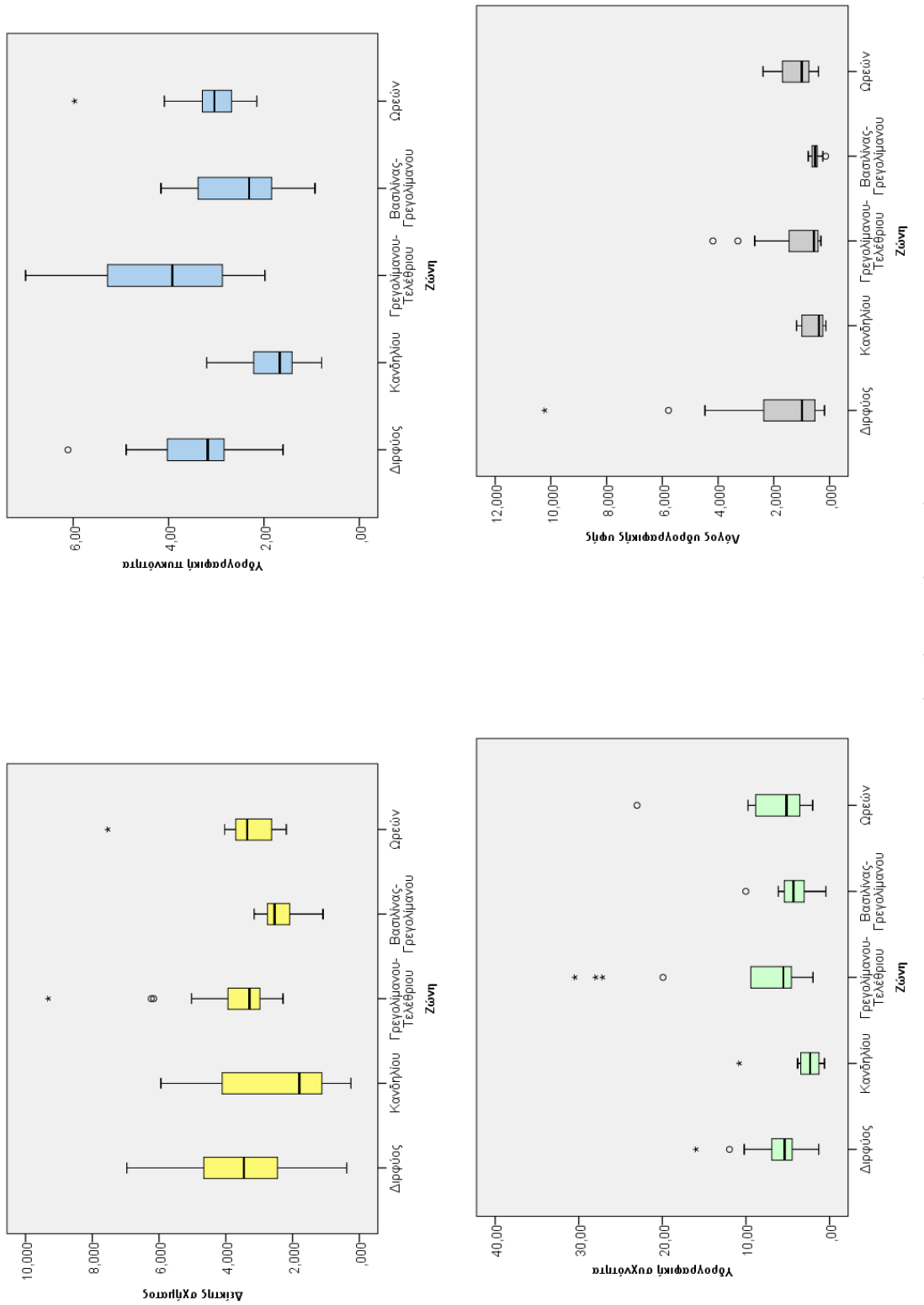
Αριθμός λεκάνης απορροής	Αριθμός Ομάδας Γεωλογικού Σχηματισμού	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 2ου Παράγοντα	Βάρη 2ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 3ου Παράγοντα	Βάρη_3ου παράγοντα	Βαθμονομημενες (από την ΠΑ) τιμές 4ου Παράγοντα	Βάρη 4ου παράγοντα	Σύνολο παραγόντων μετά την χρήση βαρών	Τελική Ιεράρχηση
144	2	167	0,4545	118	0,4545	101	0,0909	138,7134	173
145	2	179	0,4545	169	0,4545	150	0,0909	171,801	188
146	2	116	0,4545	66	0,4545	144	0,0909	95,8086	101
147	2	187	0,4545	105	0,4545	182	0,0909	149,2578	180
148	4	169	0,1822	68	0,1149	133	0,7028	132,0774	165
149	4	141	0,1822	46	0,1149	113	0,7028	110,392	130
150	4	182	0,1822	78	0,1149	73	0,7028	93,427	95
151	4	102	0,1822	124	0,1149	138	0,7028	129,8184	161
152	4	67	0,1822	113	0,1149	179	0,7028	150,9923	181
153	2	189	0,4545	121	0,4545	79	0,0909	148,0761	179
154	2	101	0,4545	123	0,4545	160	0,0909	116,352	139
155	2	153	0,4545	138	0,4545	158	0,0909	146,6217	177
156	2	166	0,4545	39	0,4545	155	0,0909	107,262	126
157	2	152	0,4545	38	0,4545	137	0,0909	98,8083	109
158	2	178	0,4545	32	0,4545	123	0,0909	106,6257	122
159	2	142	0,4545	40	0,4545	130	0,0909	94,536	98
160	2	177	0,4545	140	0,4545	173	0,0909	159,8022	183
161	2	162	0,4545	77	0,4545	165	0,0909	123,624	147
162	2	86	0,4545	88	0,4545	178	0,0909	95,2632	100
163	2	188	0,4545	130	0,4545	124	0,0909	155,8026	182
164	2	104	0,4545	131	0,4545	184	0,0909	123,5331	146
165	2	56	0,4545	133	0,4545	180	0,0909	102,2625	117
166	2	65	0,4545	145	0,4545	154	0,0909	109,4436	128
167	2	98	0,4545	8	0,4545	161	0,0909	62,8119	50
168	2	29	0,4545	49	0,4545	183	0,0909	52,0857	34
169	2	103	0,4545	60	0,4545	128	0,0909	85,7187	87
170	2	23	0,4545	75	0,4545	162	0,0909	59,2668	42
171	2	39	0,4545	159	0,4545	175	0,0909	105,8985	121
172	2	79	0,4545	95	0,4545	187	0,0909	96,0813	102
173	2	36	0,4545	111	0,4545	134	0,0909	78,9921	75
174	2	94	0,4545	55	0,4545	188	0,0909	84,8097	84
175	2	126	0,4545	96	0,4545	159	0,0909	115,3521	134
176	2	41	0,4545	161	0,4545	164	0,0909	106,7166	123
177	2	8	0,4545	132	0,4545	172	0,0909	79,2648	76
178	2	26	0,4545	153	0,4545	166	0,0909	96,4449	103
179	3	70	0,5559	104	0,3537	145	0,0904	88,8058	91
180	3	35	0,5559	103	0,3537	169	0,0904	71,1652	63
181	1	31	0,1429	175	0,1429	189	0,7143	164,4401	185
182	1	112	0,1429	187	0,1429	185	0,7143	174,8726	189
183	4	173	0,1822	174	0,1149	119	0,7028	135,1464	168
184	4	73	0,1822	182	0,1149	51	0,7028	70,0552	61
185	4	63	0,1822	81	0,1149	27	0,7028	39,7611	20
186	4	125	0,1822	91	0,1149	35	0,7028	57,8289	40
187	4	74	0,1822	147	0,1149	55	0,7028	69,0271	59
188	2	44	0,4545	117	0,4545	111	0,0909	83,2644	81
189	2	75	0,4545	146	0,4545	141	0,0909	113,2614	133

Παράρτημα 5. Σύγκριση καθορισμένων ζωνών

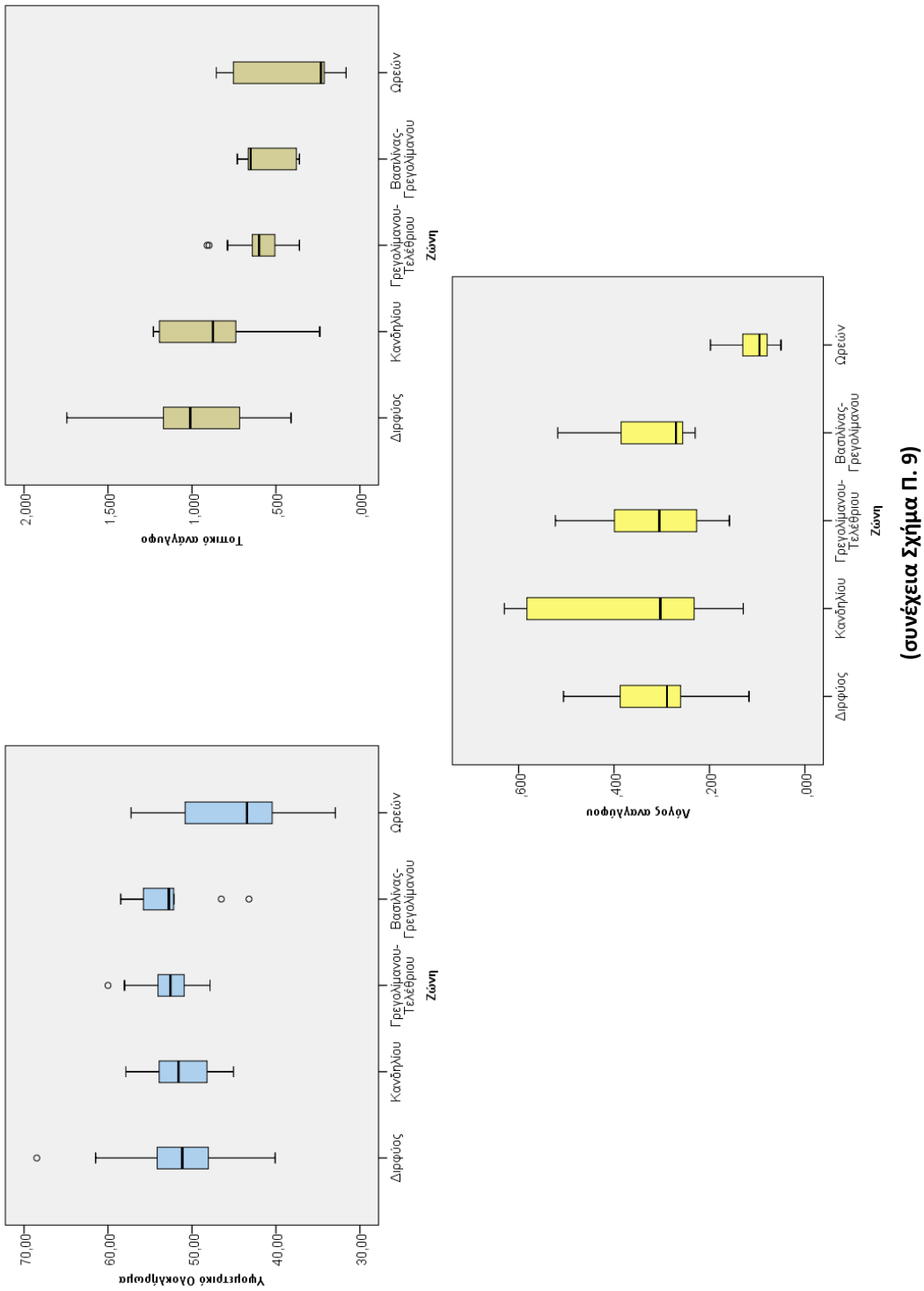


Σχήμα Π. 9. Θηκογράμματα παραμέτρων - λόγου επιμήκυνσης, λόγου κυκλικότητας, δείκτη μορφής, υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας, υδρογραφικής υφής, υψομετρικού ολοκληρώματος, τοπικού αναγλύφου και λόγου αναγλύφου- για τις ζώνες Δίρφυος, Κανδηλίου, Γρεγολίμανου-Τελέθριου, Βασιλίνας-Γρεγολίμανου και στενού Ωρεών.

(με κύκλο σημειώνονται οι ακραίες τιμές και με αστερίσκο οι εξαιρετικά ακραίες τιμές)



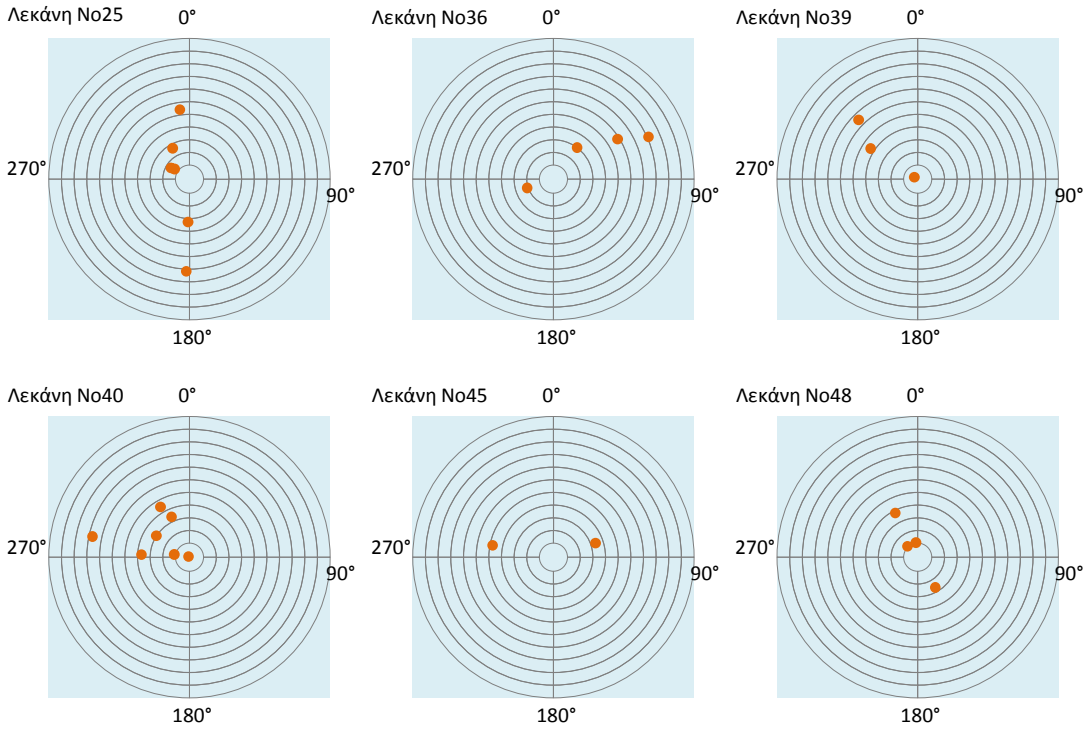
(συνέχεια Σχήμα Π. 9)



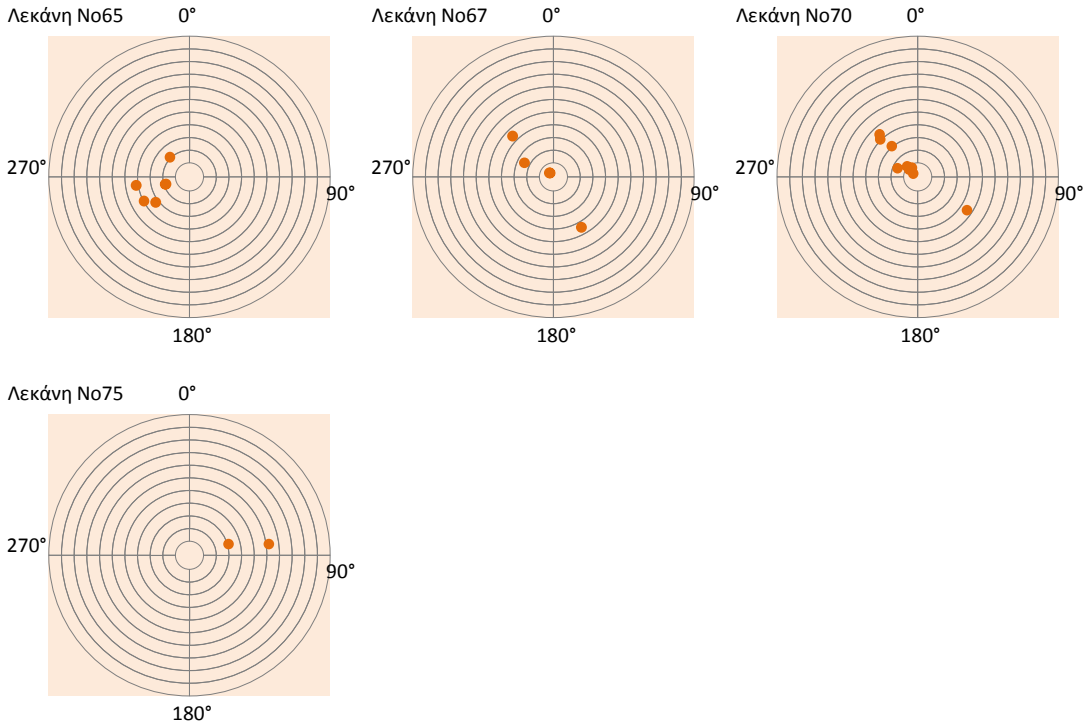
(συνέχεια Σχήμα Π. 9)

Παράρτημα 6. Ανάλυση σε τοπική κλίμακα

Λεκάνες απορροής ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου



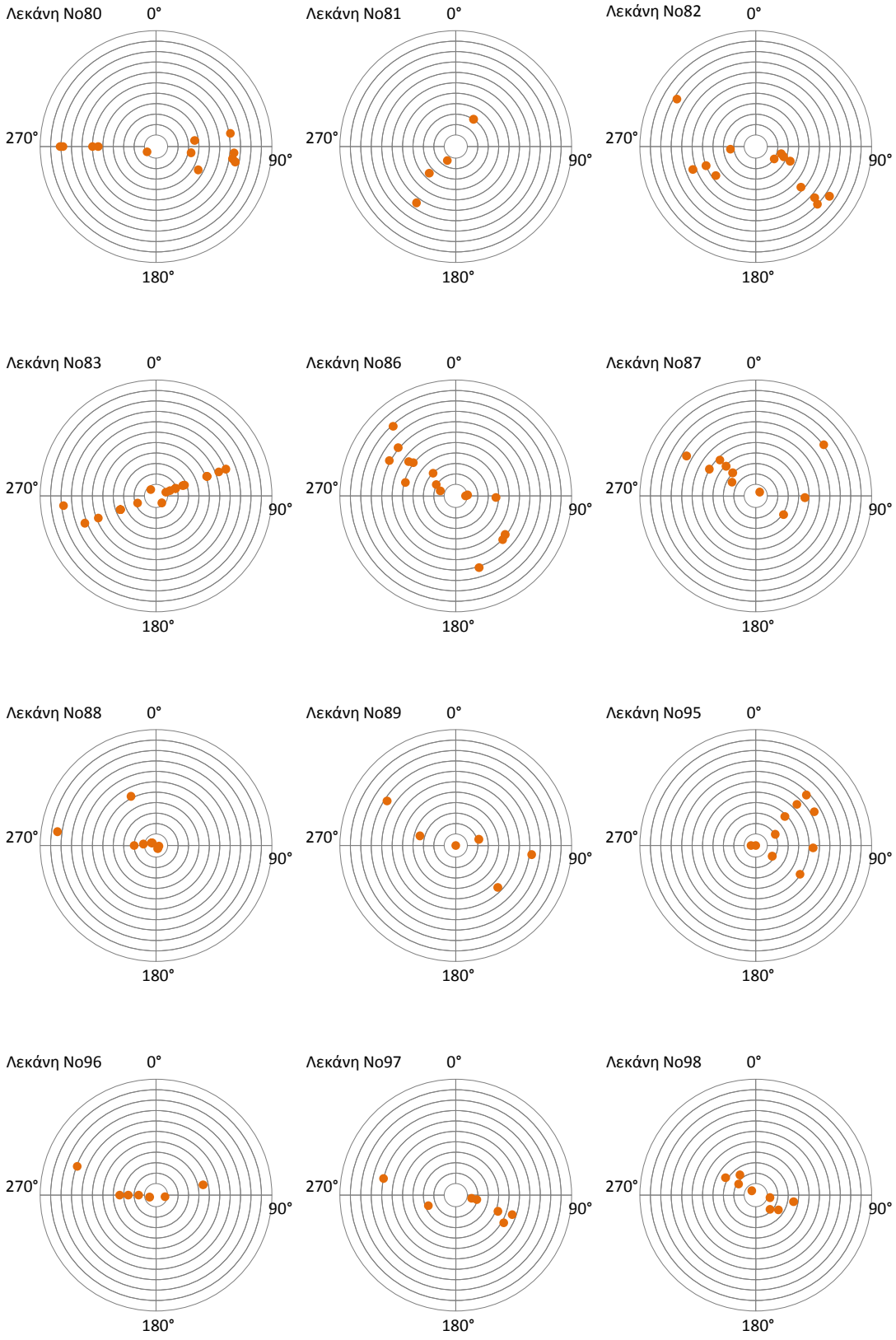
Λεκάνες απορροής ζώνης Κανδηλίου



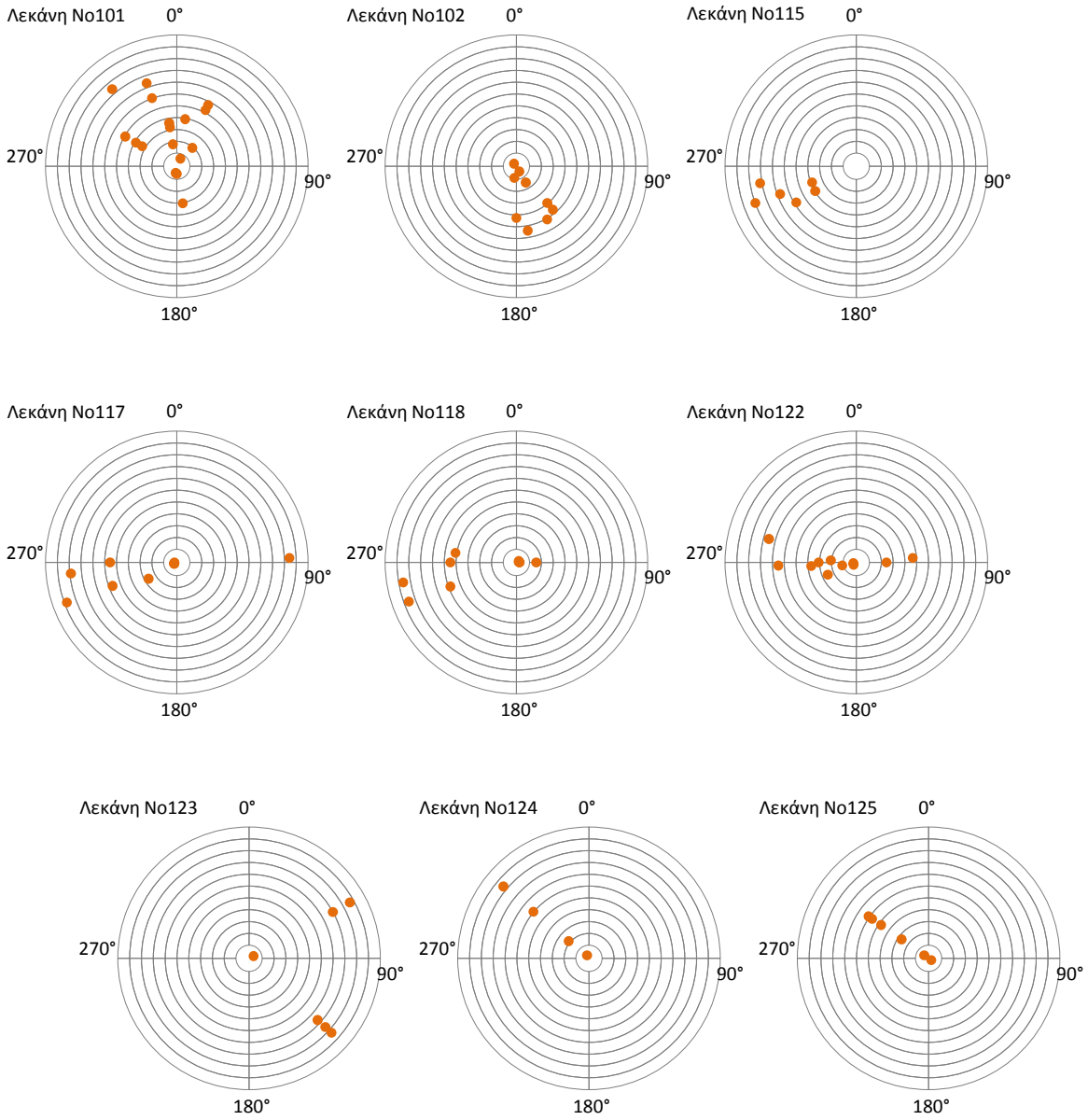
Σχήμα Π. 10. Πολικά διαγράμματα μεμονωμένων λεκανών απορροής, ανά ζώνη, οι οποίες αναλύονται σε τοπική κλίμακα.

Για τις θέσεις των λεκανών απορροής βλέπε σχήμα 4.1 καθώς και σχήματα 4.32, 4.33, 4.34 και 4.35.

Λεκάνες απορροής ζώνης Δίρφυος

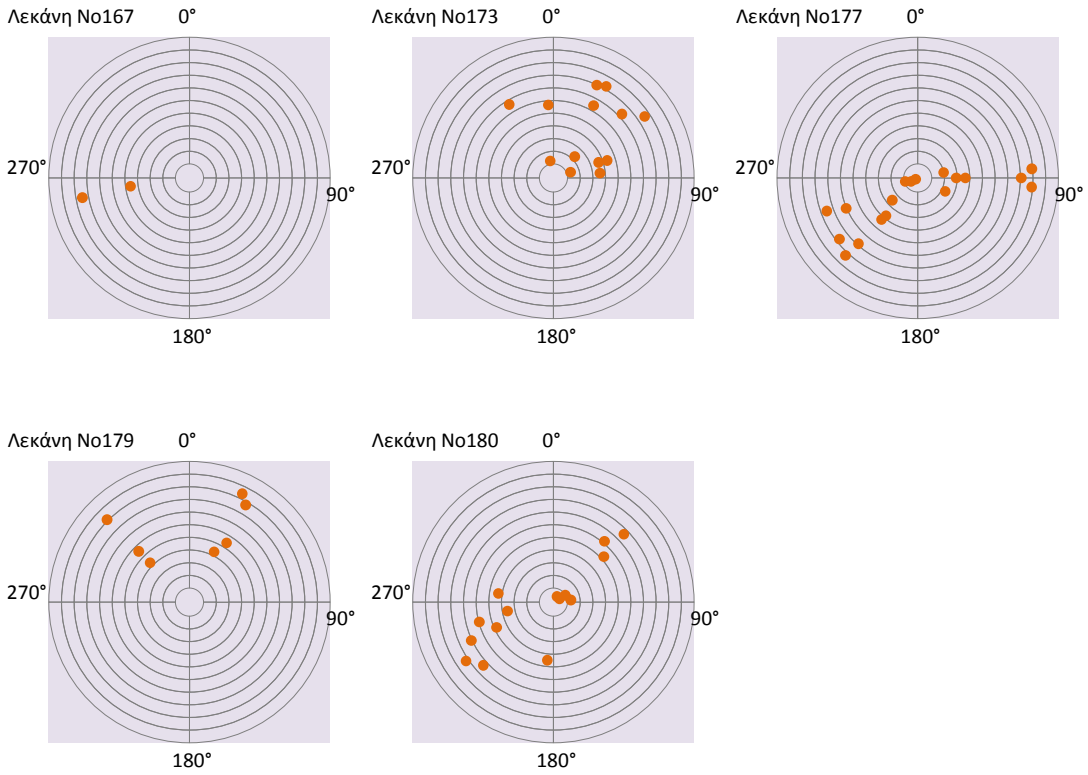


(συνέχεια Σχήμα Π. 10)



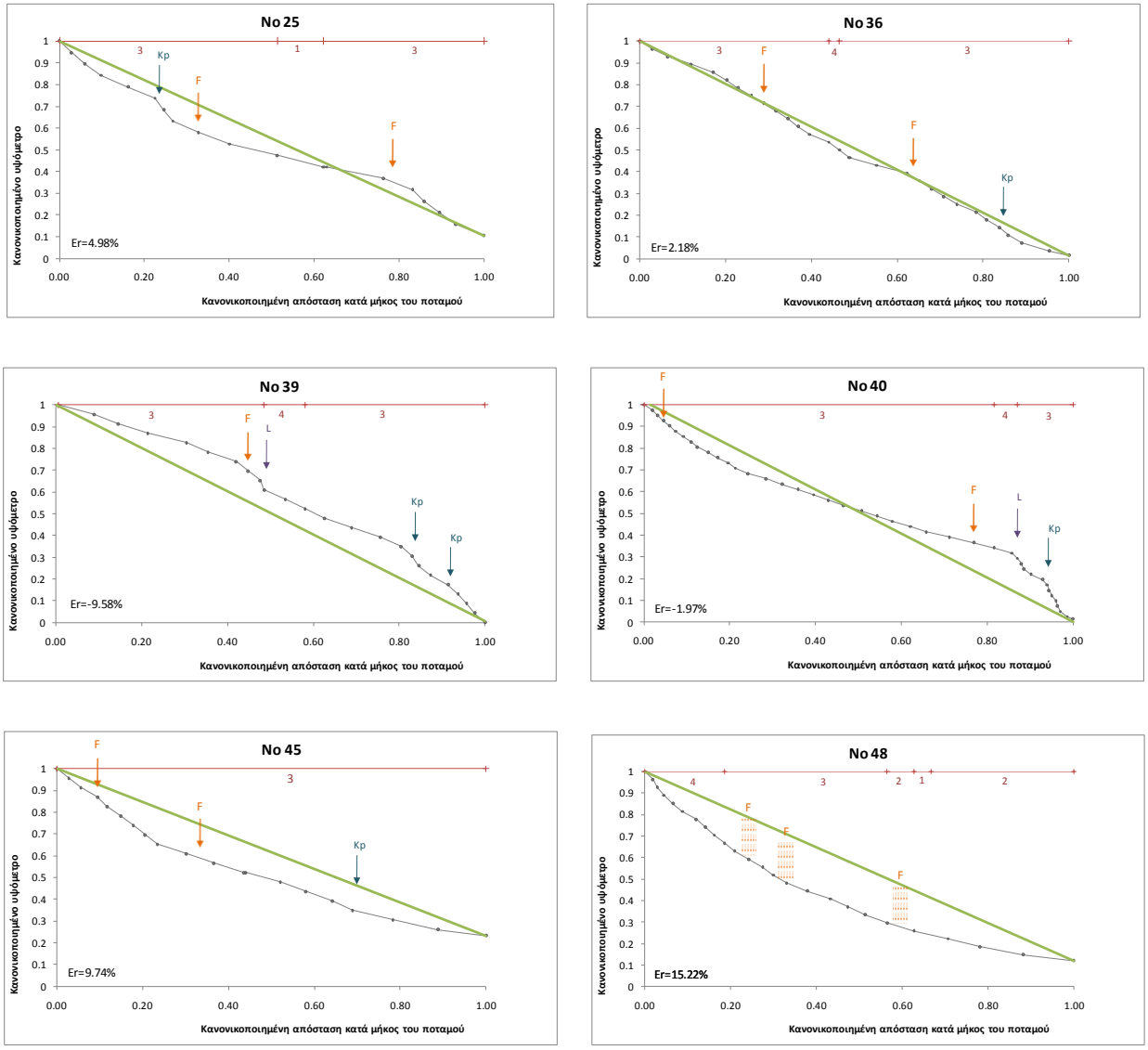
(συνέχεια Σχήμα Π. 10)

Λεκάνες απορροής ζώνης στενού Ωρεών



(συνέχεια Σχήμα Π. 10)

Λεκάνες απορροής ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου

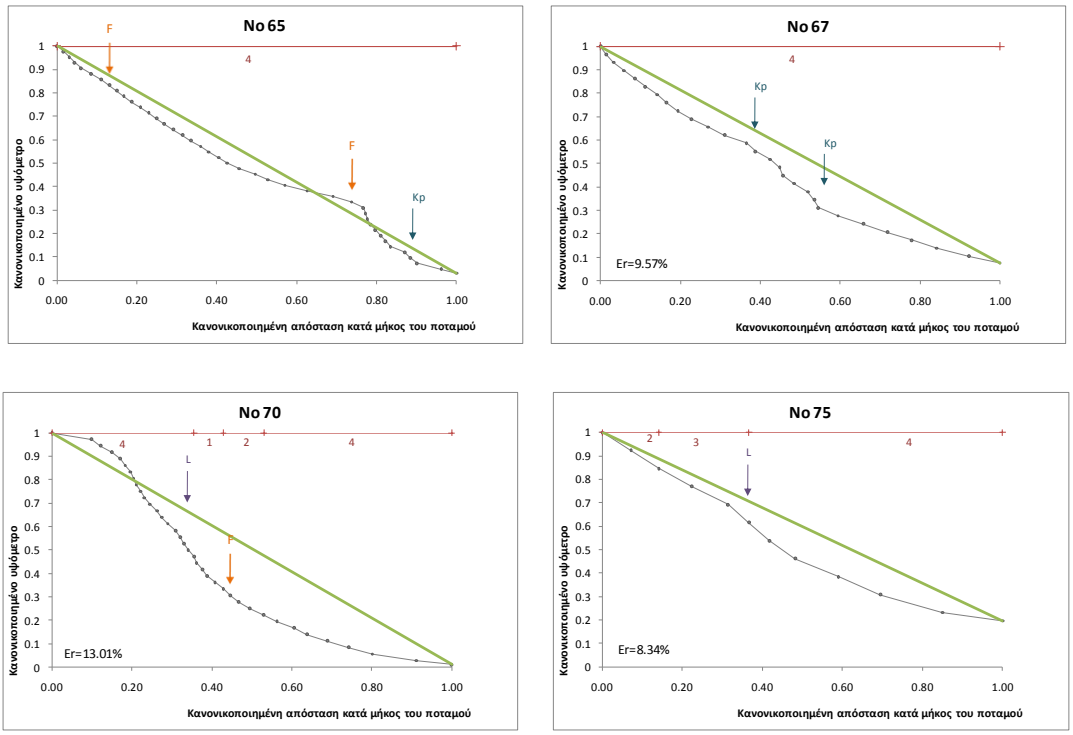


Σχήμα Π. 11. Κανονικοποιημένα προφίλ κεντρικής κοίτης υπό μελέτη υδρογραφικών δικτύων (κανονικοποιημένη απόσταση κατά μήκος του ποταμού από την κορυφή έως την έξοδο – κανονικοποιημένο υψόμετρο σημείων ανά 20 μ).

Στο διάγραμμα φαίνεται επίσης η λιθολογία (ομάδες 1-4) κατά μήκος της κοίτης (κόκκινος δευτερεύων άξονας x), καθώς και η γραμμή που ενώνει την κορυφή του προφίλ με την έξοδο (πράσινη γραμμή) από την οποία υπολογίζεται το εμβαδό Er, το ποσοστό του οποίου σημειώνεται πάνω στο διάγραμμα (για ανάλυση βλέπε κείμενο). Στα διαγράμματα επίσης απεικονίζονται οι θέσεις των ρηγμάτων όπως έχουν αποτυπωθεί στον τεκτονικό χάρτη της περιοχής (Σχήμα 3.33) και συμβολίζονται με το γράμμα F, οι θέσεις των σημείων κάμψης που οφείλονται σε λιθολογικά αίτια (L) και τέλος οι θέσεις των σημείων κάμψης των οποίων η ύπαρξη είναι πιθανό να οφείλεται σε μη καταγεγραμμένο ρήγμα ή ασυνέχεια (Kp). Για τις θέσεις των λεκανών απορροής βλέπε σχήματα 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 και 4.35.

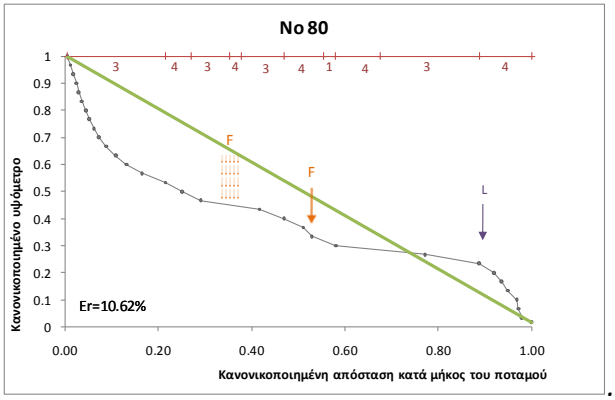
(ομάδα 1:επιφανειακές χαλαρές αποθέσεις όπως αλλουβιακές προσχώσεις, πρόσφατοι κώνοι κορημάτων και ημι-συνεκτικοί κώνοι κορημάτων, ομάδα 2: ευδιάβρωτοι γεωλογικοί σχηματισμοί όπως μάργες, ψαμμίτες, πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και τραβερτίνης, ομάδα 3: πετρώματα μέτριας ανθεκτικότητας όπως σχιστόλιθοι και φυλλίτες, ομάδα 4: ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, γραουβάκες, συνεκτικοποιημένα κροκαλοπαγή, οφιόλιθοι, περιδοτίτες και χαλαζίτες).

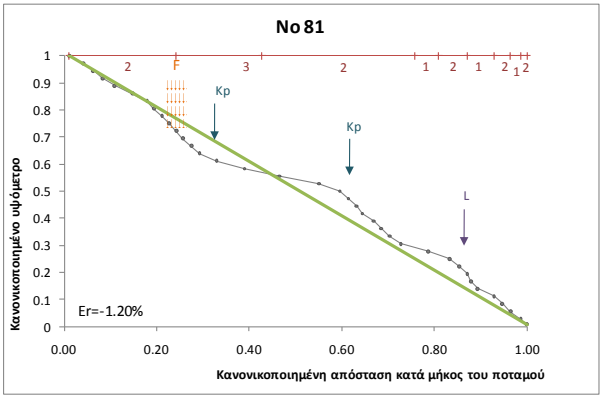
Λεκάνες απορροής ζώνης Κανδηλίου

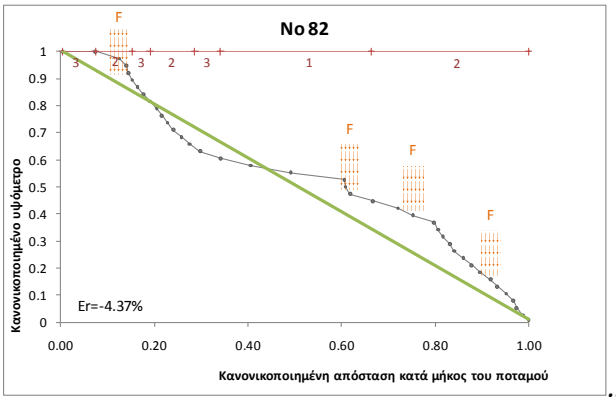


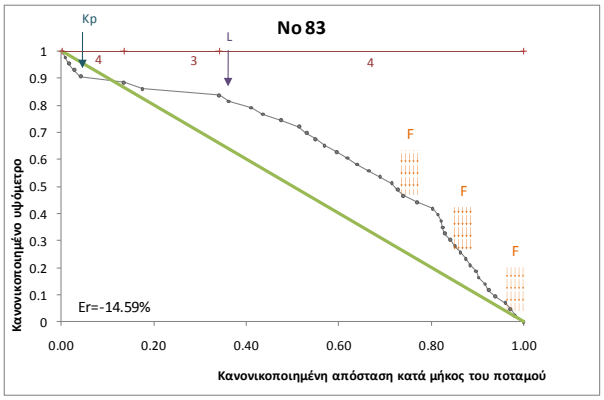
(συνέχεια Σχήμα Π. 11)

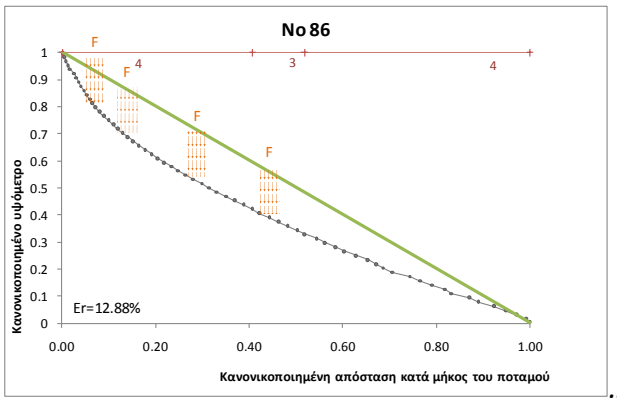
Λεκάνες απορροής ζώνης Δίρφυος

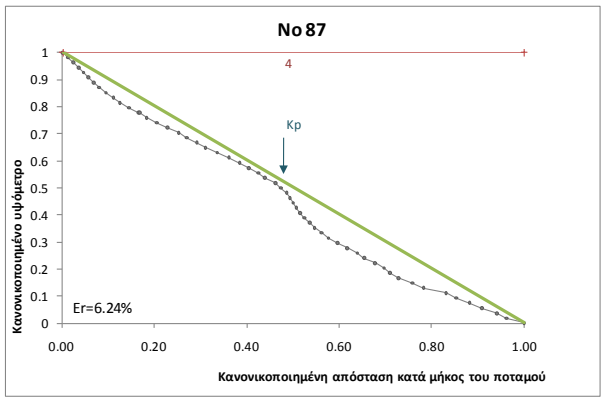


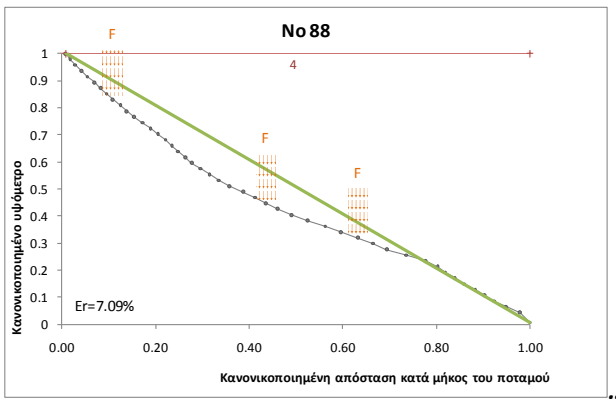


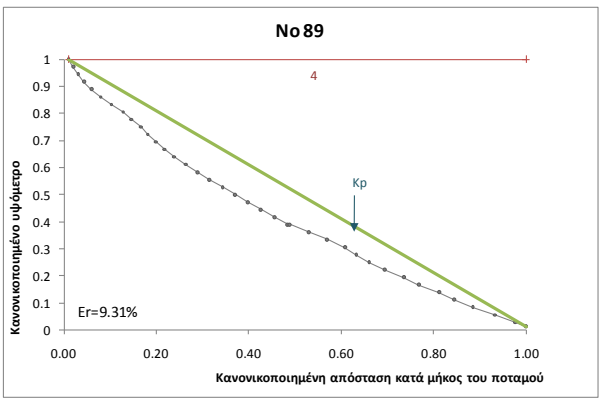




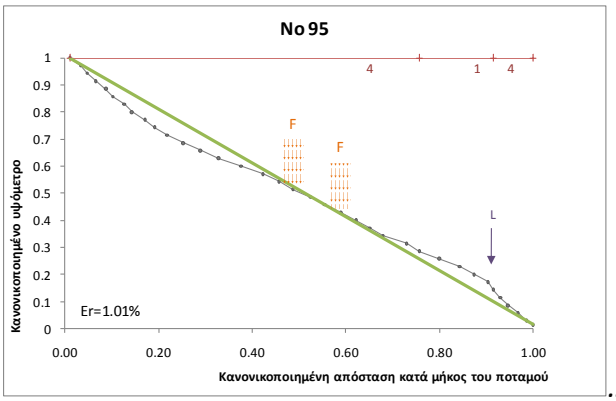


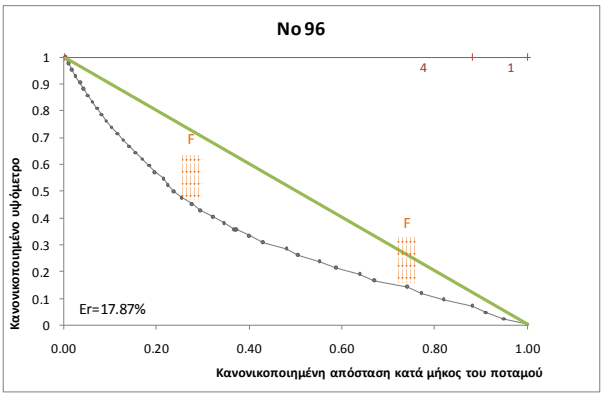




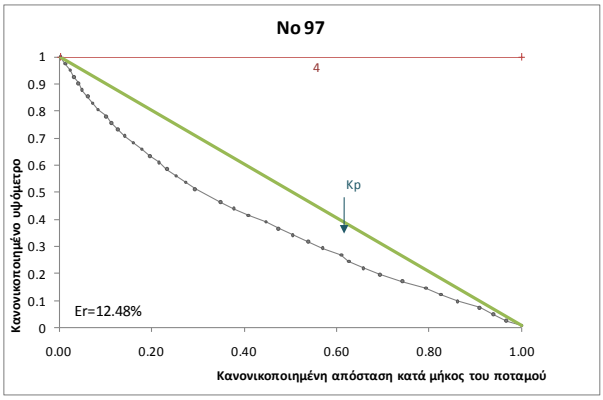


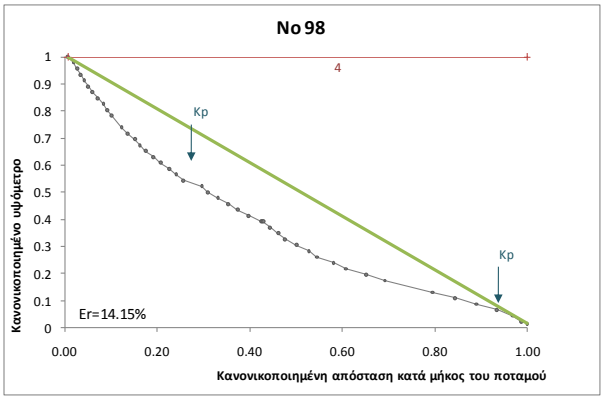
(συνέχεια Σχήμα Π. 11)

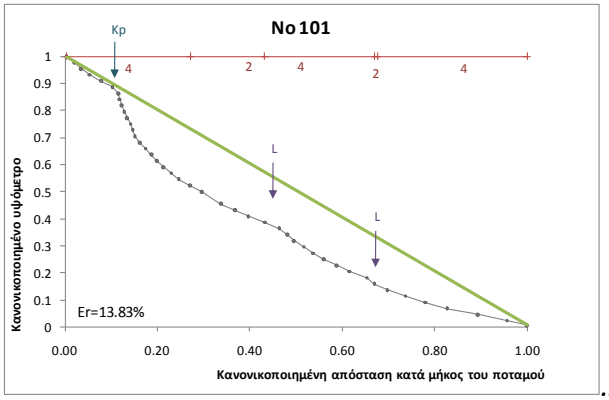


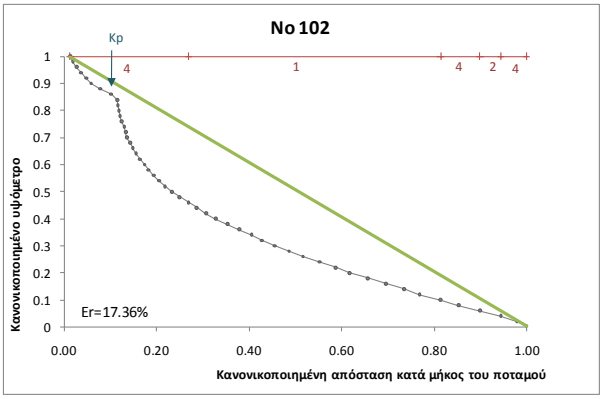


....



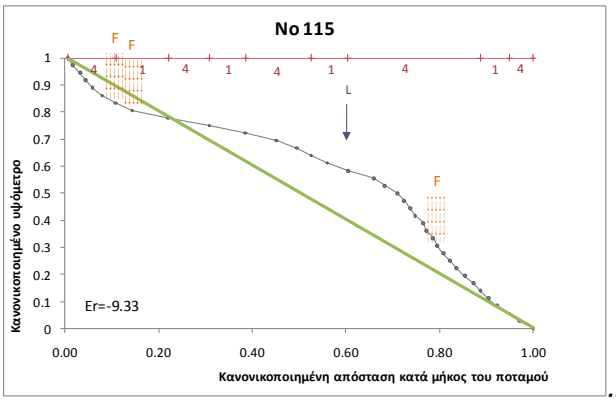


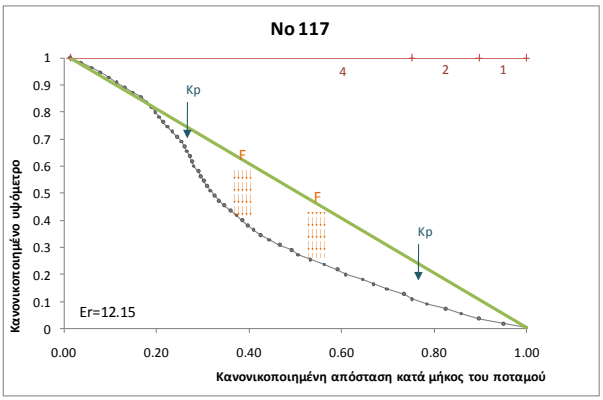




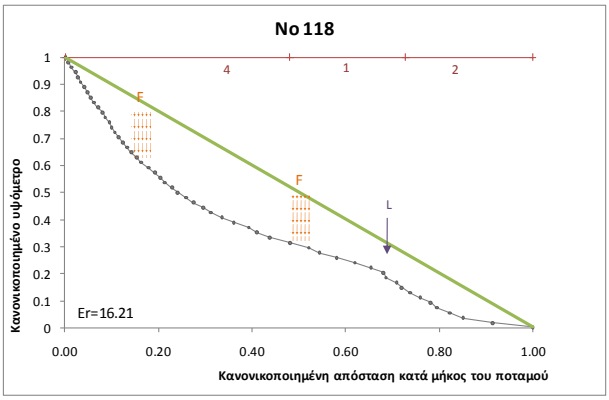
....

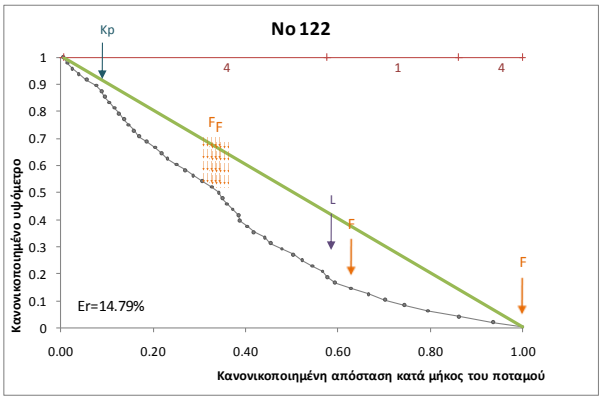
(συνέχεια Σχήμα Π. 11)

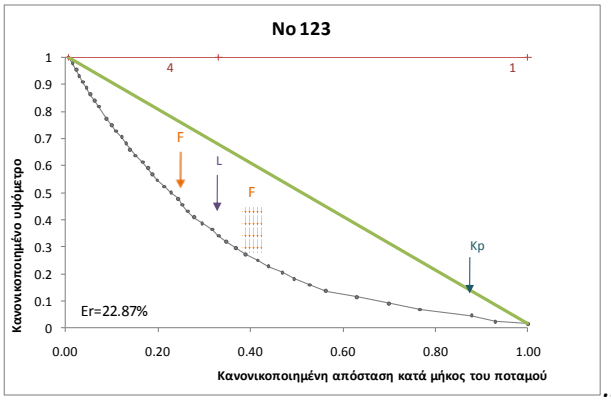


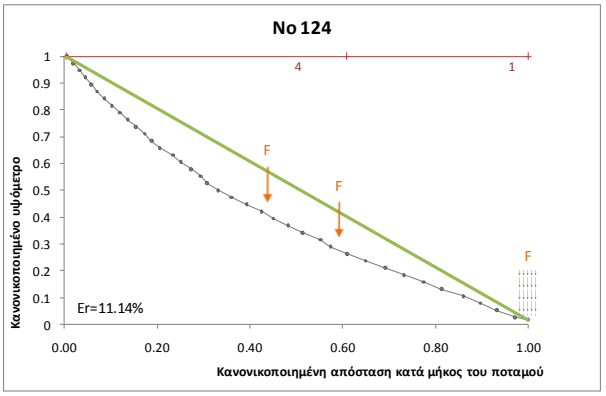


....

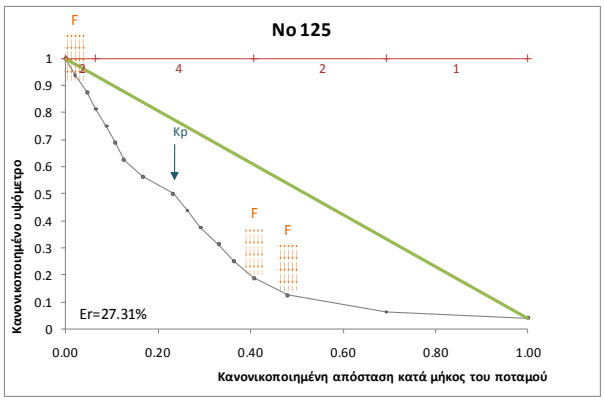






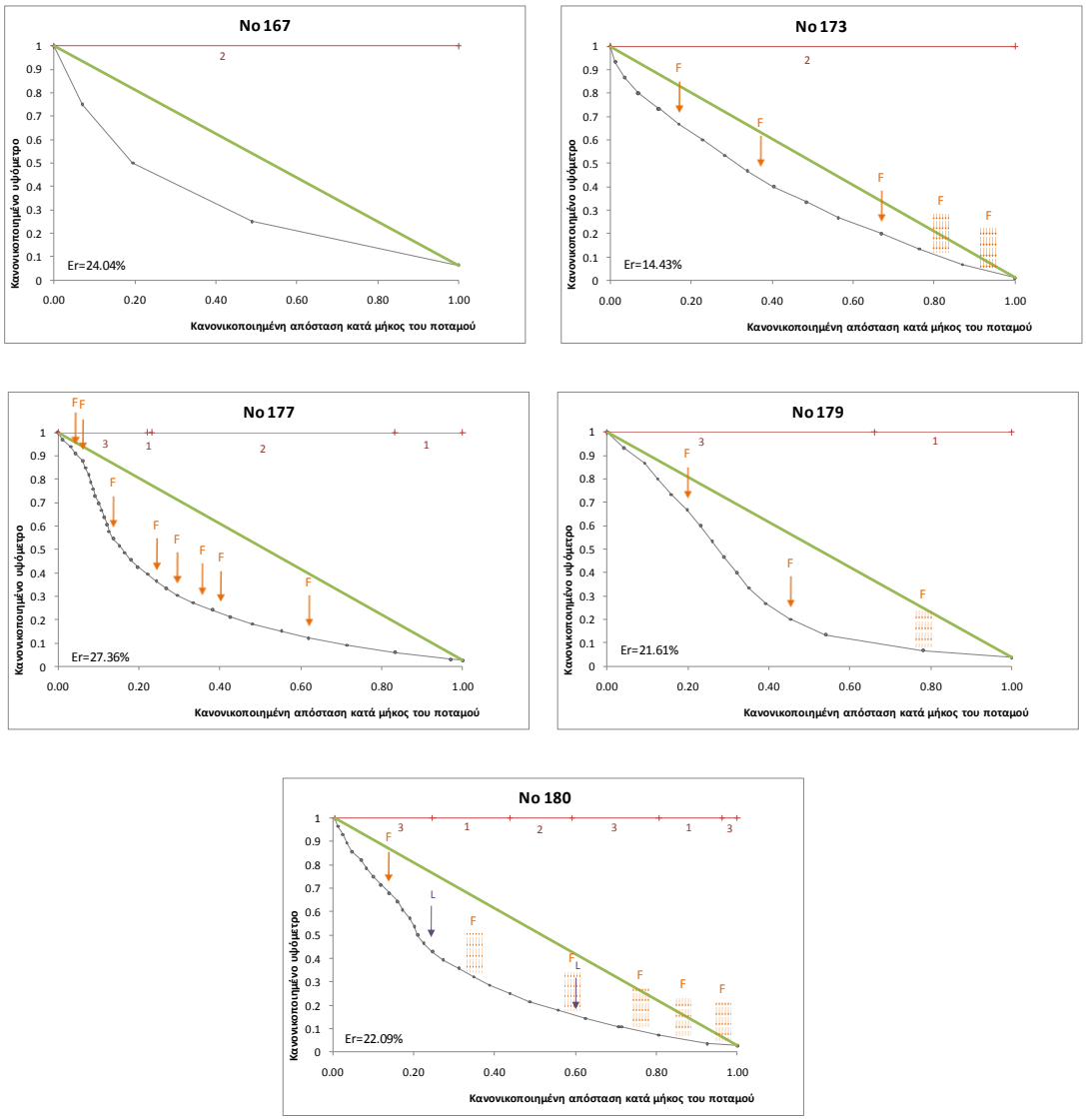


....



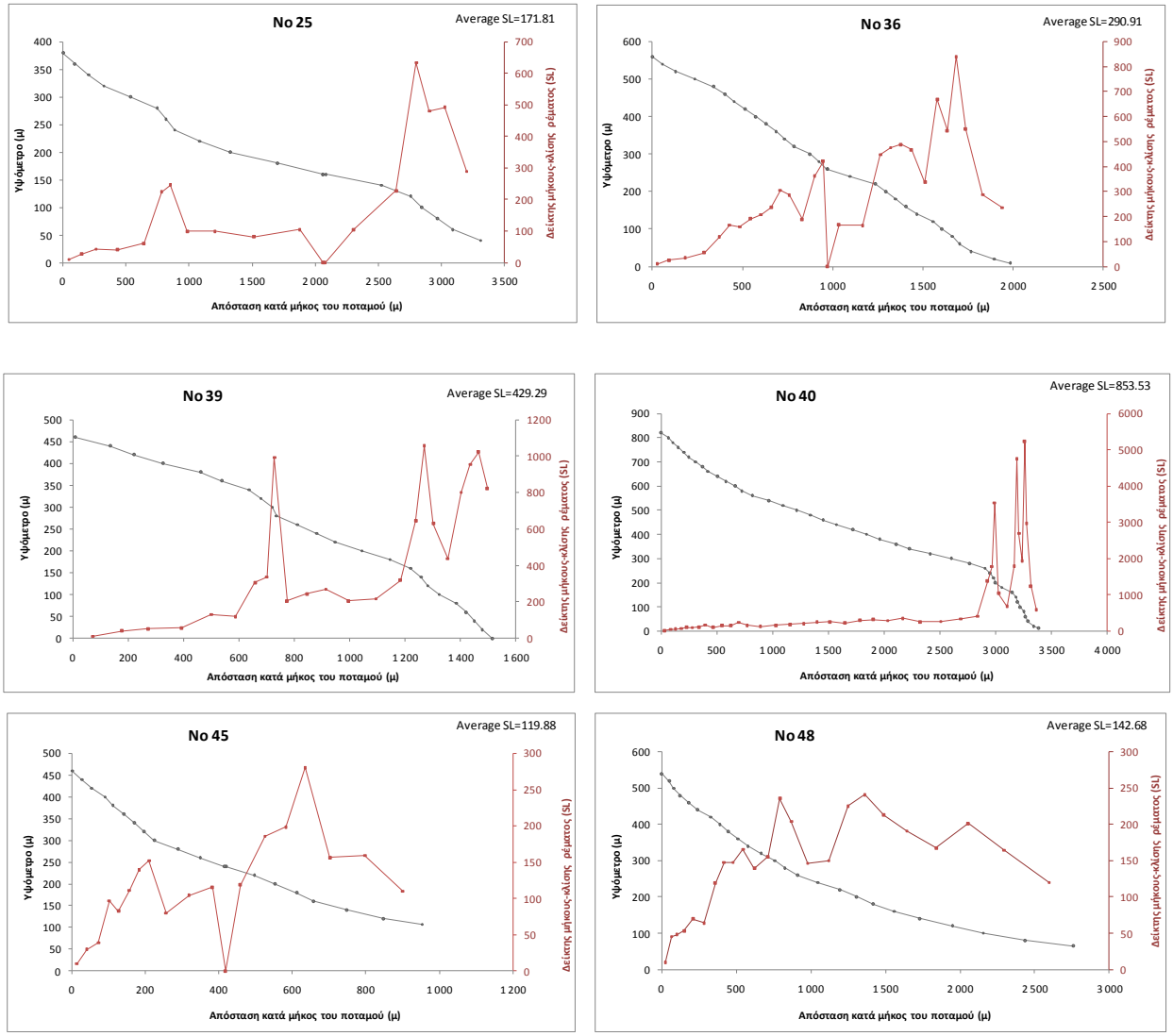
(συνέχεια Σχήμα Π. 11)

Λεκάνες απορροής ζώνης στενού Ωρεών



(συνέχεια Σχήμα Π. 11)

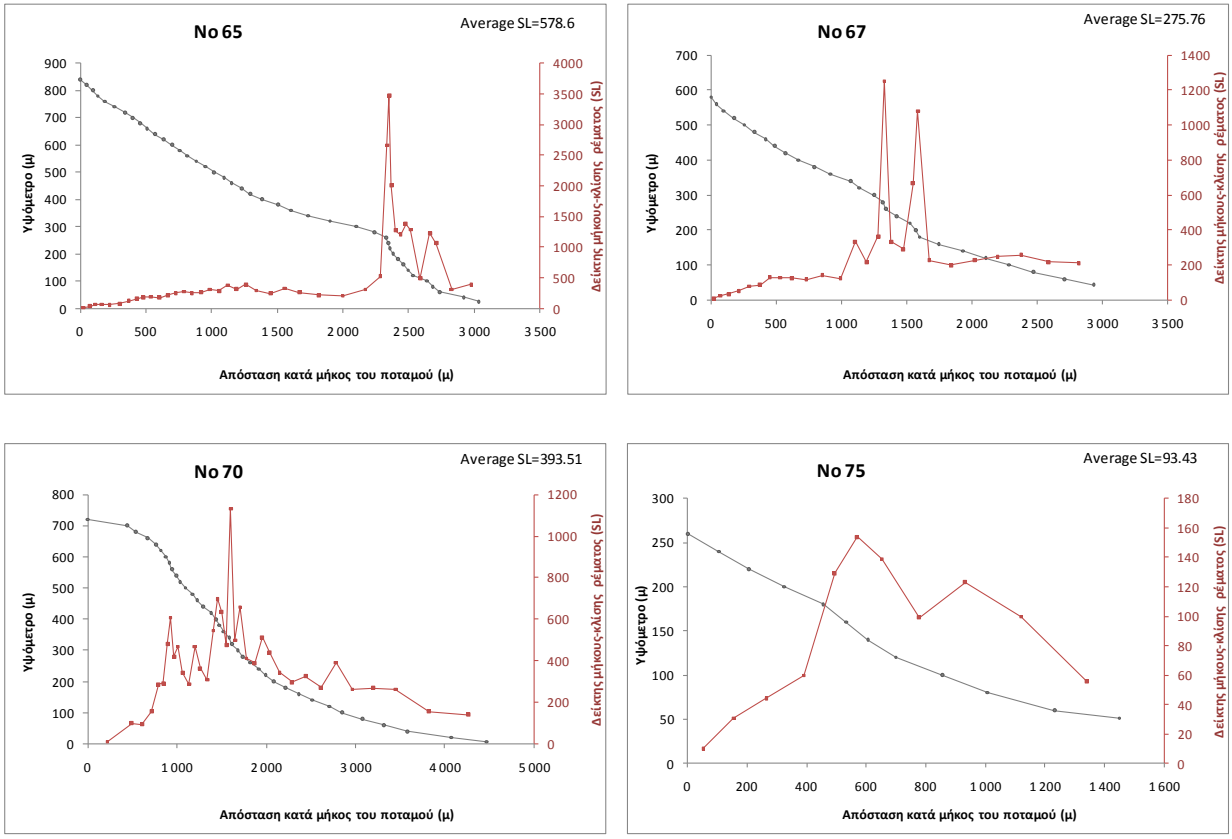
Λεκάνες απορροής ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου



Σχήμα Π. 12. Επιμήκεις τομές κεντρικής κοίτης υδρογραφικών δικτύων υπό μελέτη λεκανών απορροής (απόσταση κατά μήκος του ποταμού έως την έξοδο - υψόμετρο σημείων ανά 20 μ) σε συνδυασμό με το δείκτη μήκους – κλίσης ρέματος (SL) (κόκκινο διάγραμμα - δευτερεύων κατακόρυφος άξονας).

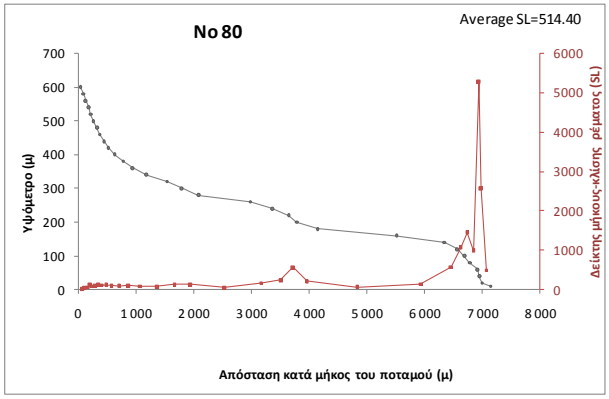
Στο διάγραμμα σημειώνεται επίσης ο μέσος όρος του δείκτη για κάθε λεκάνη. Για τις θέσεις των λεκανών απορροής βλέπε σχήματα 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 και 4.35.

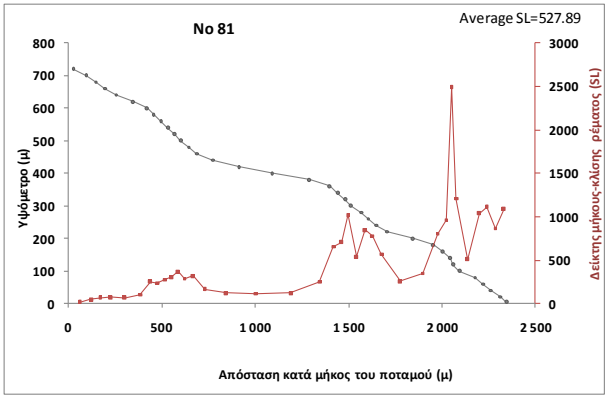
Λεκάνες απορροής ζώνης Κανδηλίου

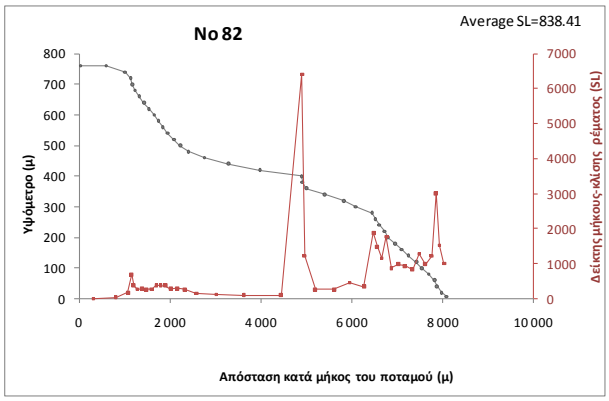


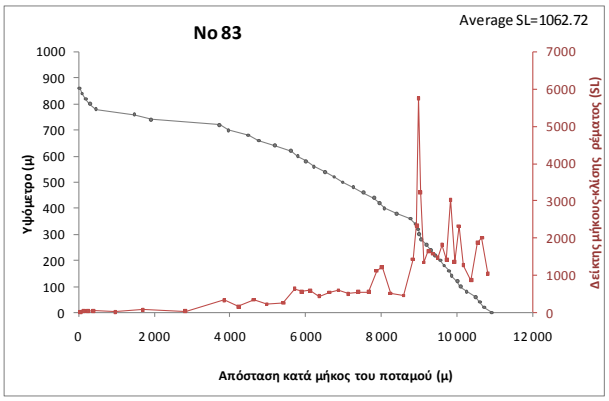
(συνέχεια Σχήμα Π. 12)

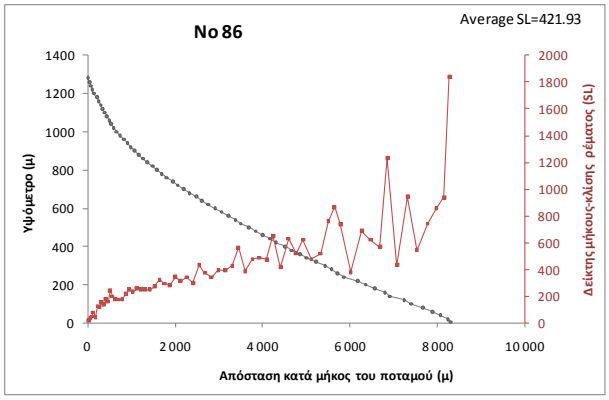
Λεκάνες απορροής ζώνης Δίρφυος

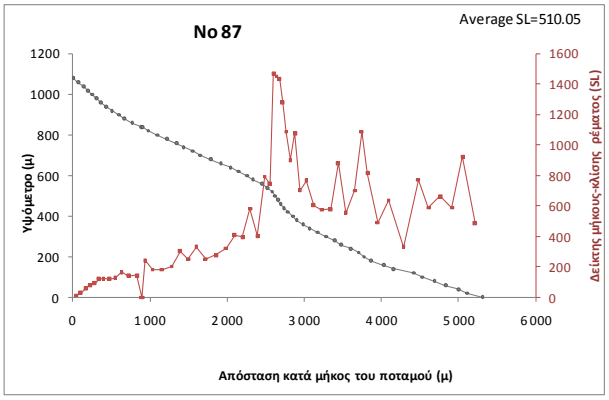


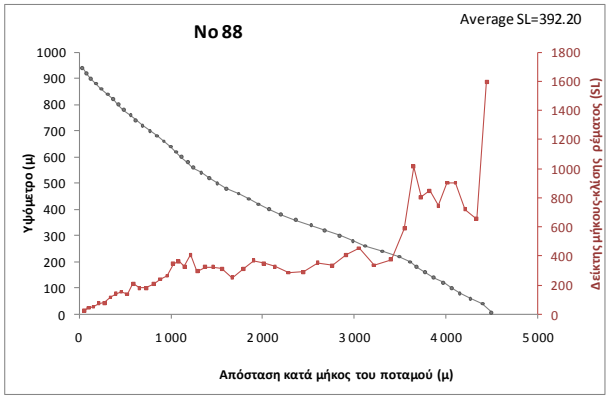


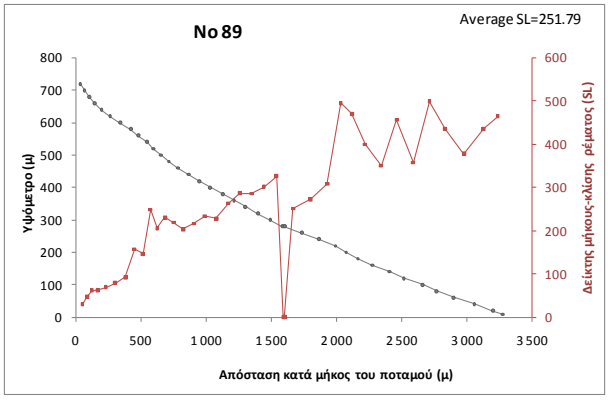




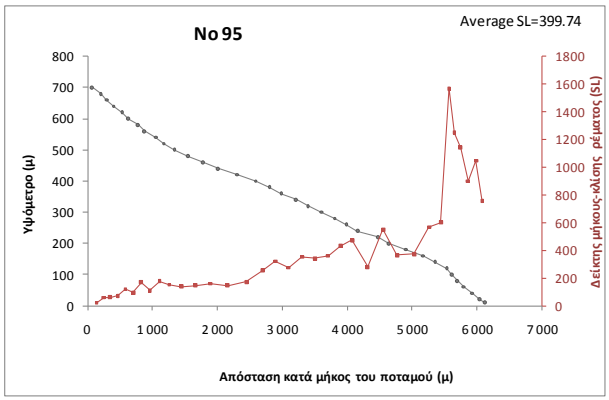


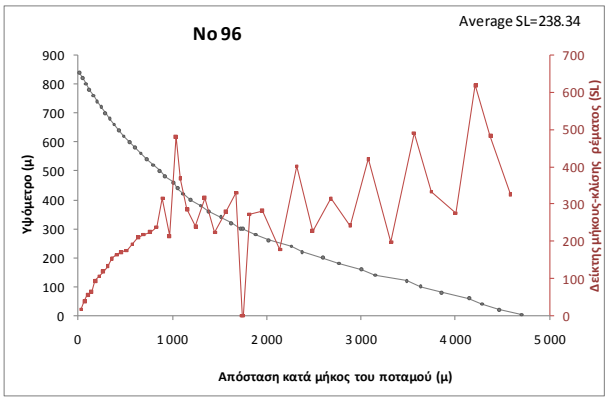


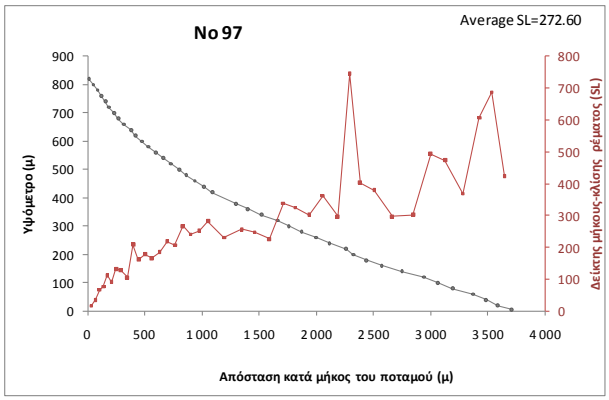


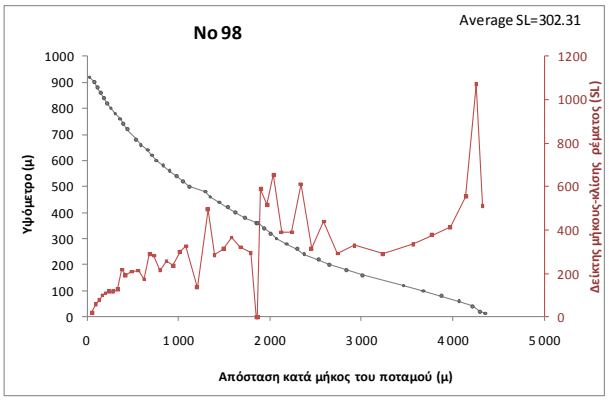


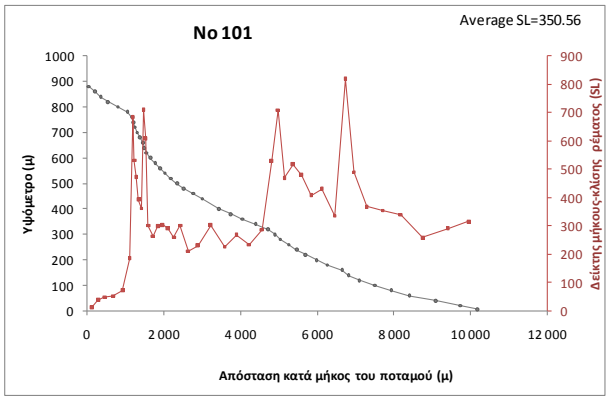
(συνέχεια Σχήμα Π. 12)

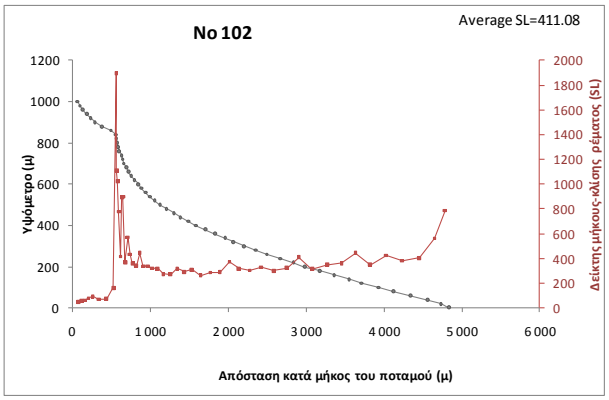


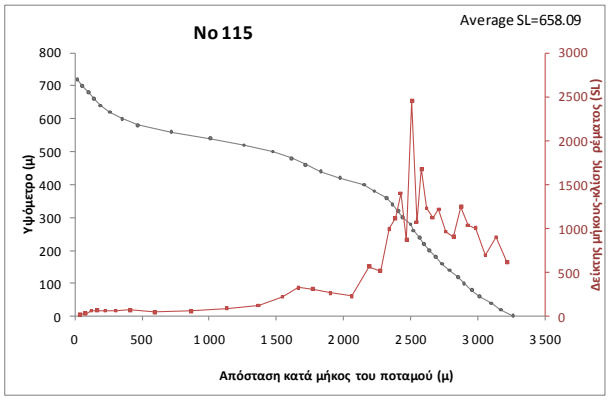


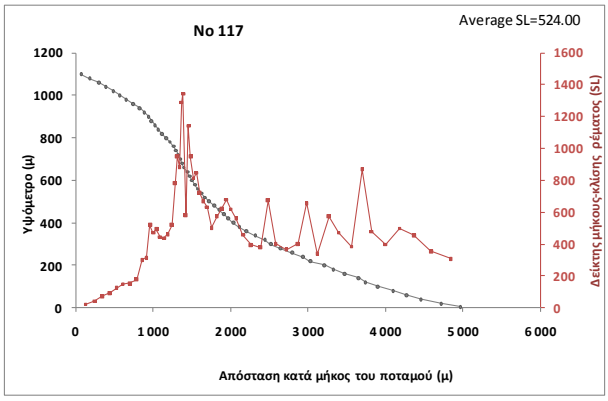




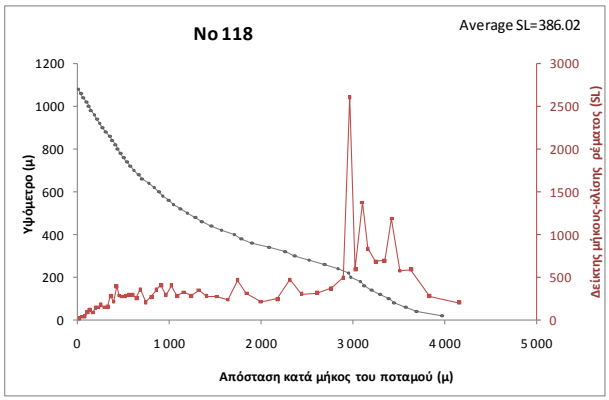


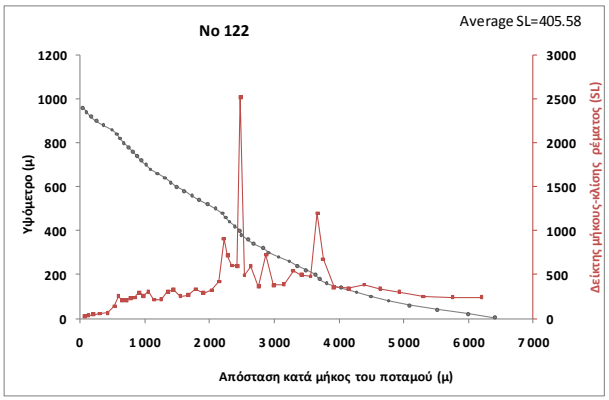


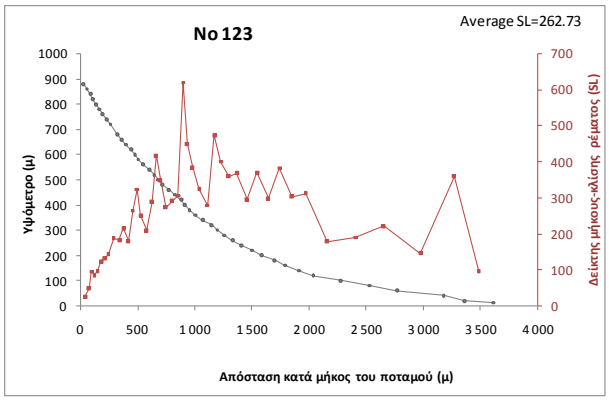


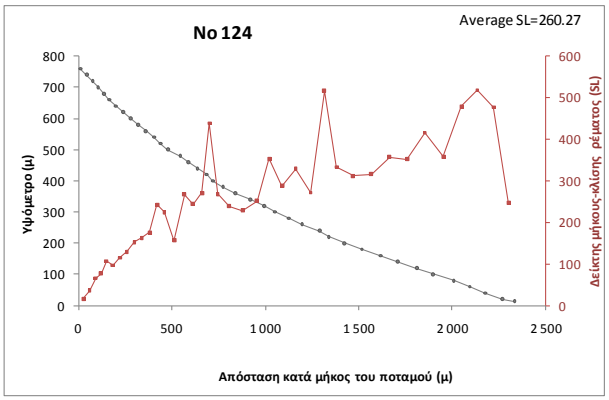


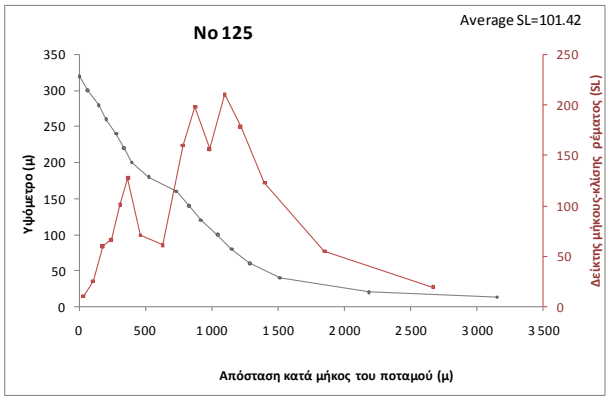
(συνέχεια Σχήμα Π. 12)





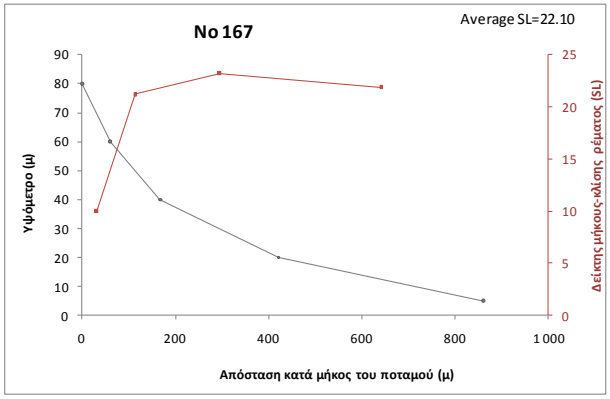


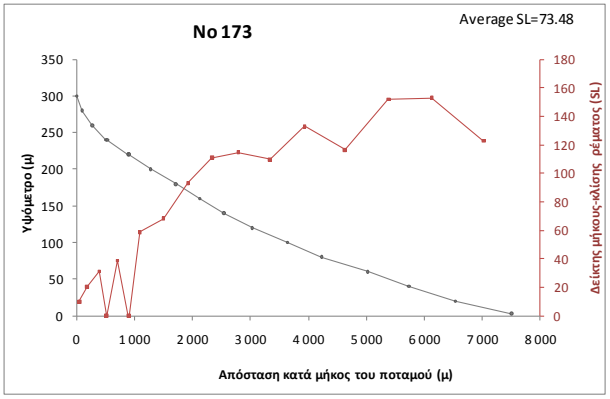


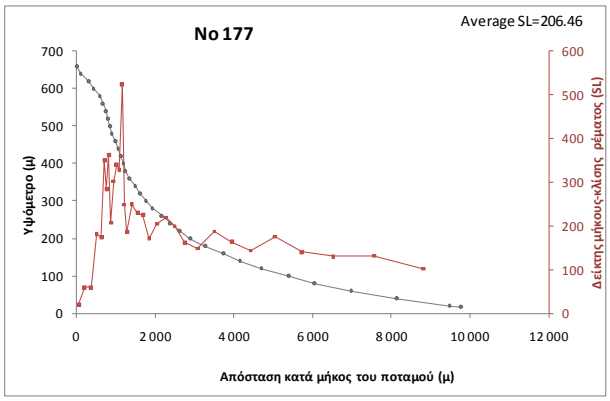


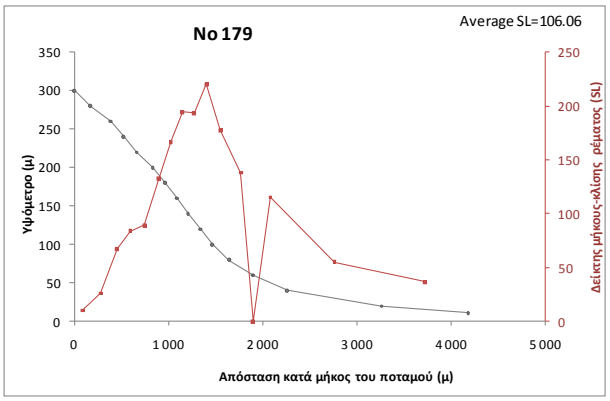
(συνέχεια Σχήμα Π. 12)

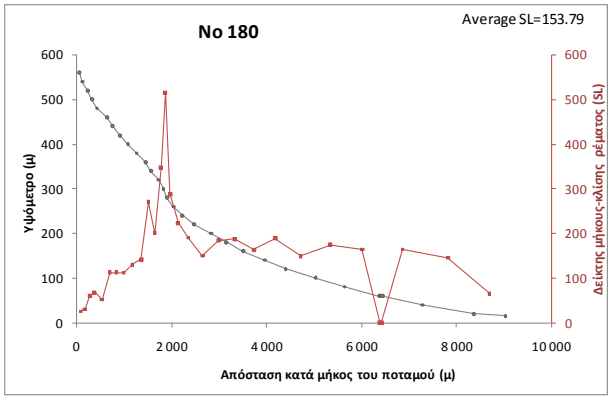
Λεκάνες απορροής ζώνης στενού Ωρεών





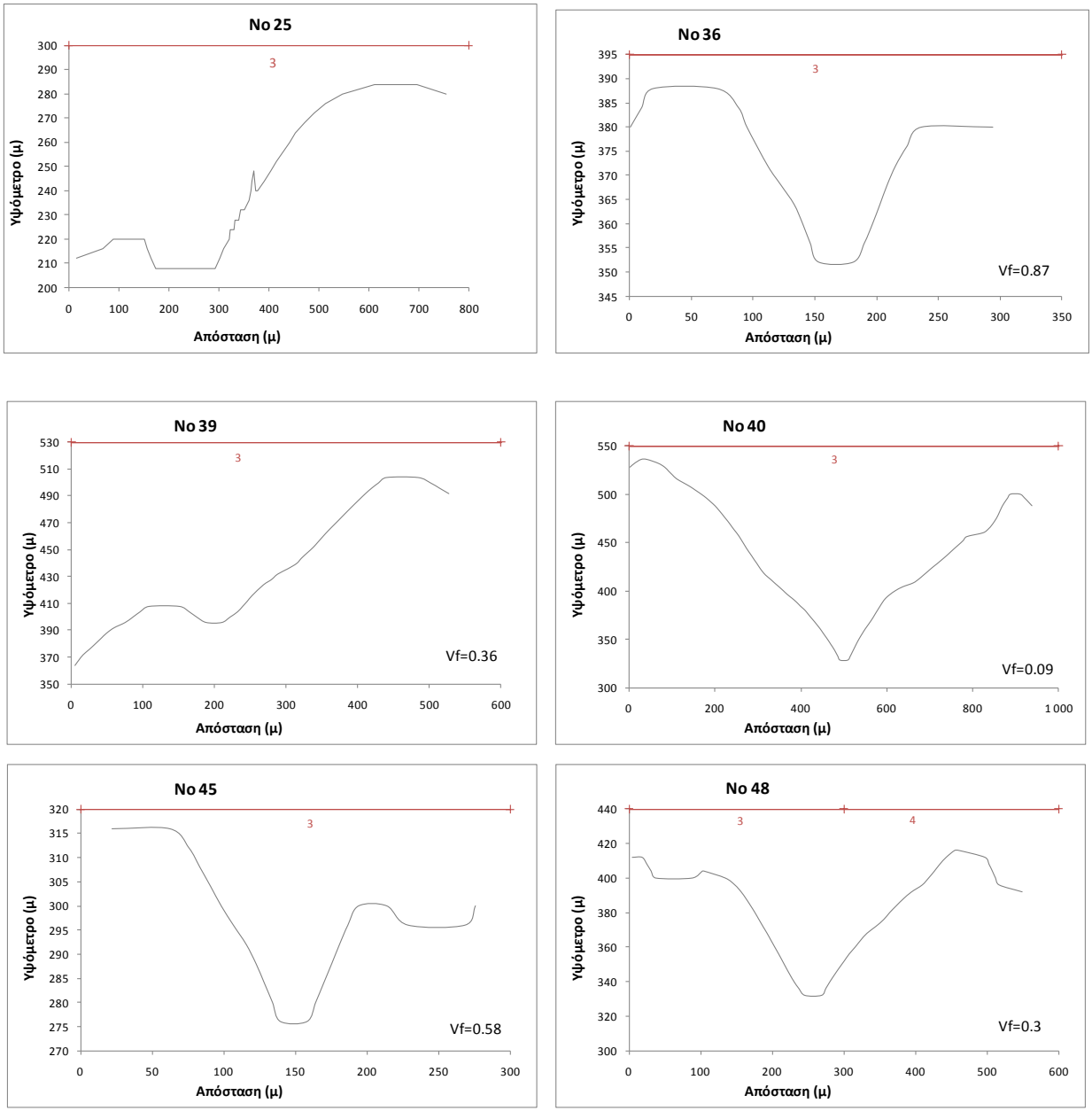






(συνέχεια Σχήμα Π. 12)

Λεκάνες απορροής ζώνης Γρεγολίμανου-Τελέθριου

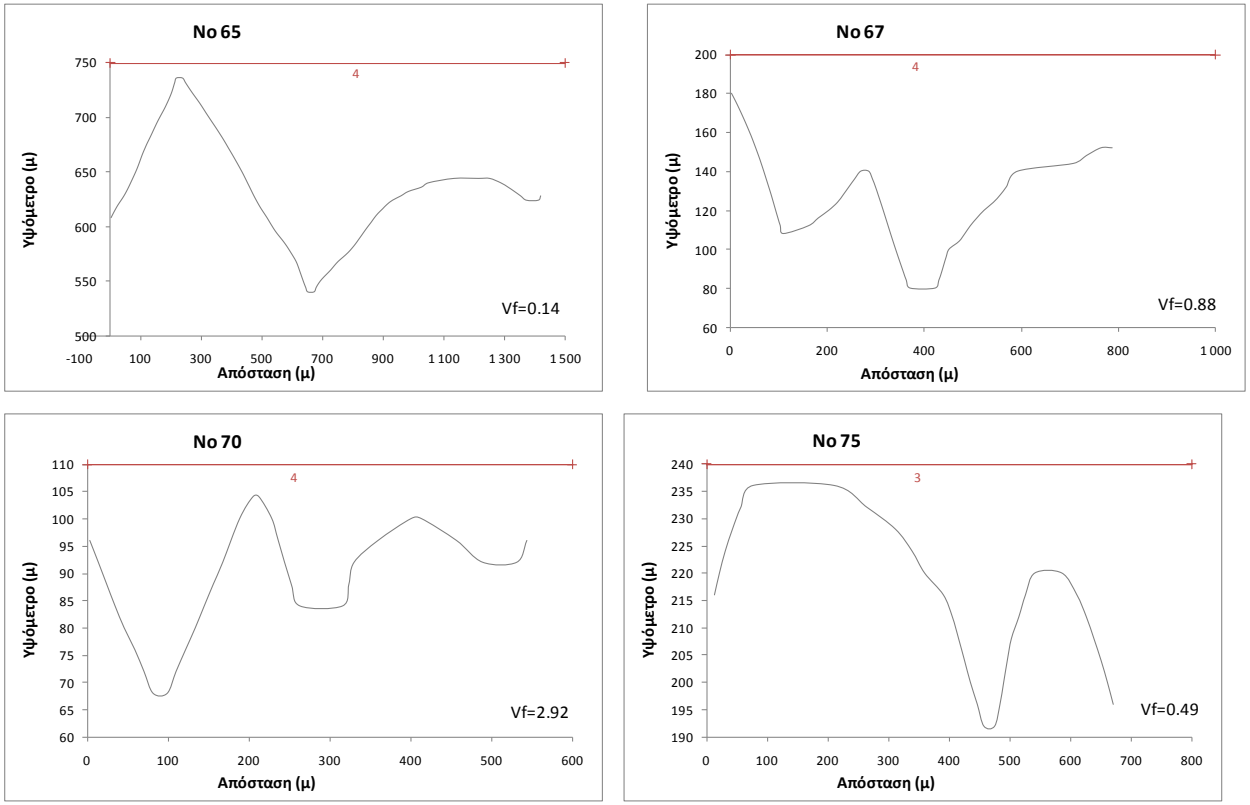


Σχήμα Π. 13. Κατά πλάτος τομές των υπό μελέτη υδρογραφικών δικτύων όπου υπολογίστηκε ο δείκτης λόγου πλάτος προς ύψος κοιλάδας. Στο διάγραμμα σημειώνεται επίσης η λιθολογία- ομάδες 1-4 (επάνω κόκκινος δευτερεύων άξονας).

Για τις θέσεις των λεκανών απορροής βλέπε σχήμα 4.31 και ανά ζώνες σχήματα 4.32, 4.33, 4.34 και 4.35.

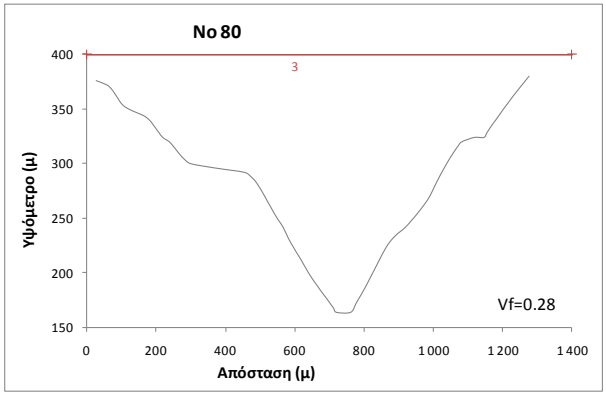
(ομάδα 1:επιφανειακές χαλαρές αποθέσεις όπως αλλουβιακές προσχώσεις, πρόσφατοι κώνοι κορημάτων και ημι-συνεκτικοί κώνοι κορημάτων, ομάδα 2: ευδιάβρωτοι γεωλογικοί σχηματισμοί όπως μάργες, ψαμμίτες, πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και τραβερτίνης, ομάδα 3: πετρώματα μέτριας ανθεκτικότητας όπως σχιστόλιθοι και φυλλίτες, ομάδα 4: ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, γραουβάκες, συνεκτικοποιημένα κροκαλοπαγή, οφιόλιθοι, περιδοτίτες και χαλαζίτες).

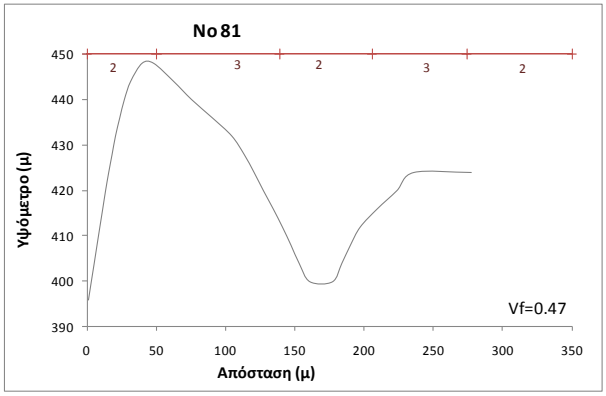
Λεκάνες απορροής ζώνης Κανδηλίου

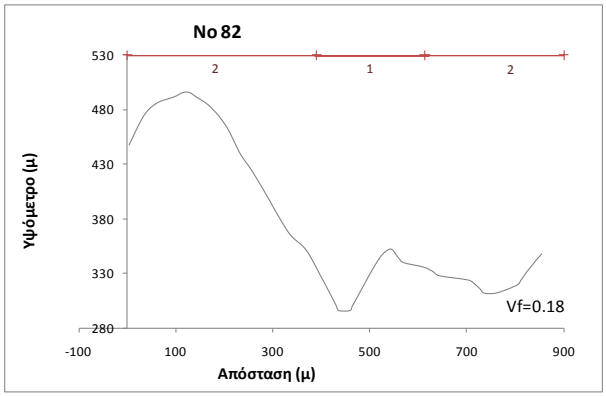


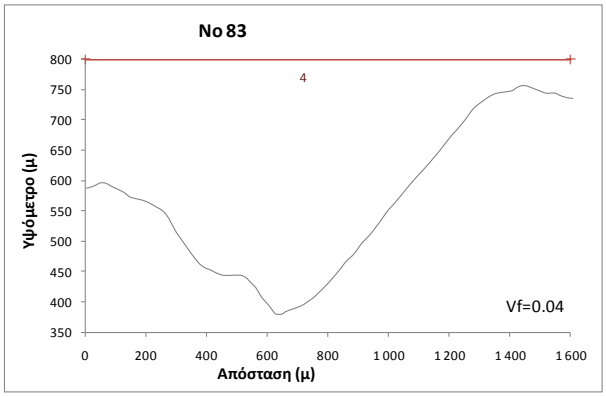
(συνέχεια Σχήμα Π. 13)

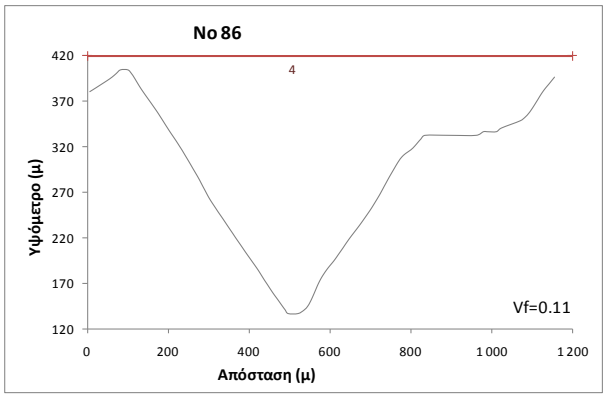
Λεκάνες απορροής ζώνης Δίρφυος

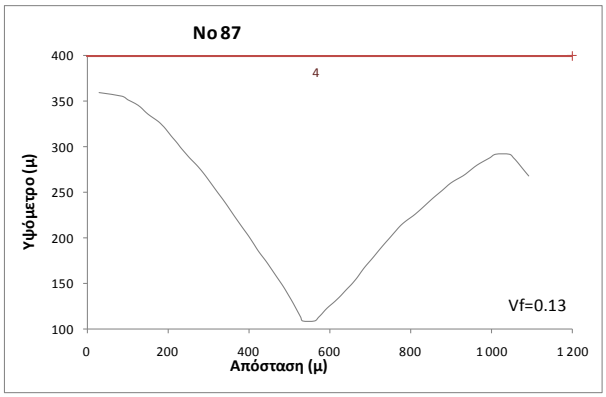


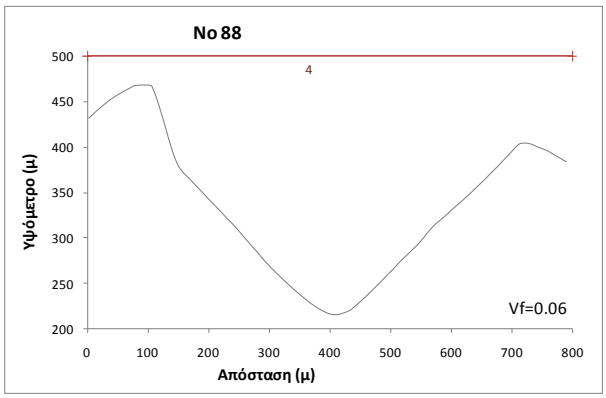


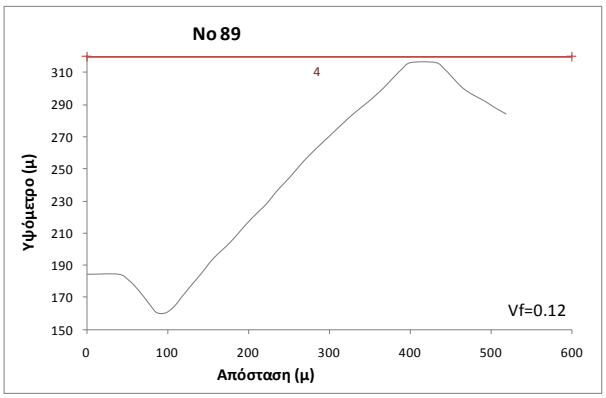




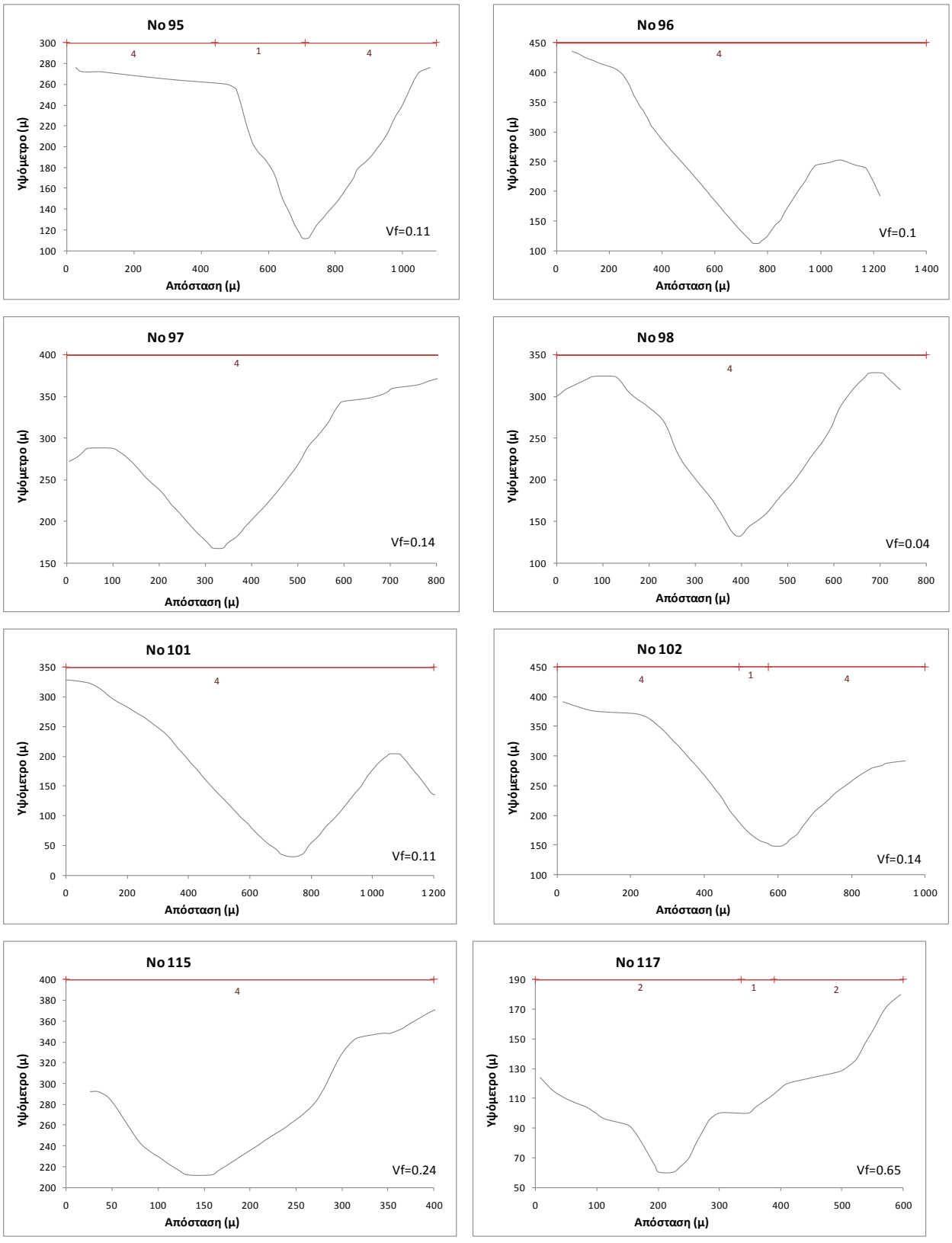




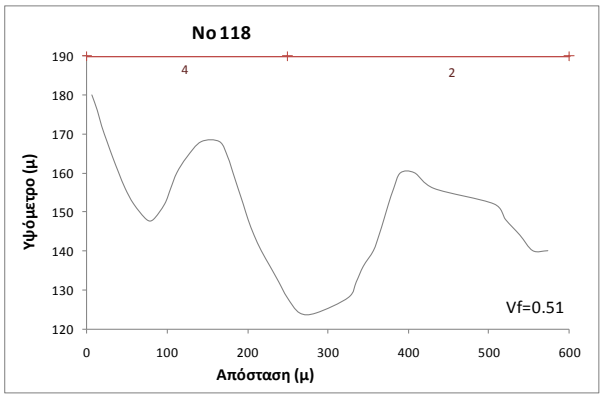


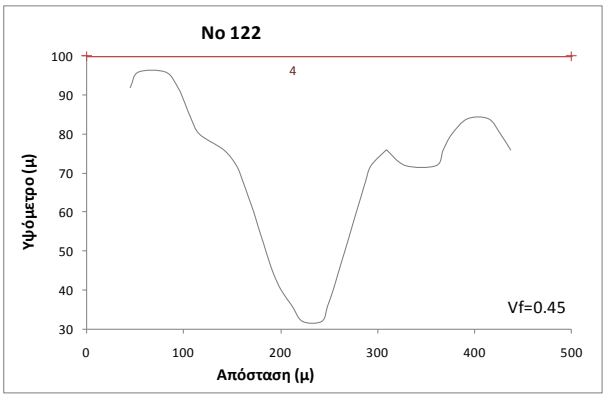


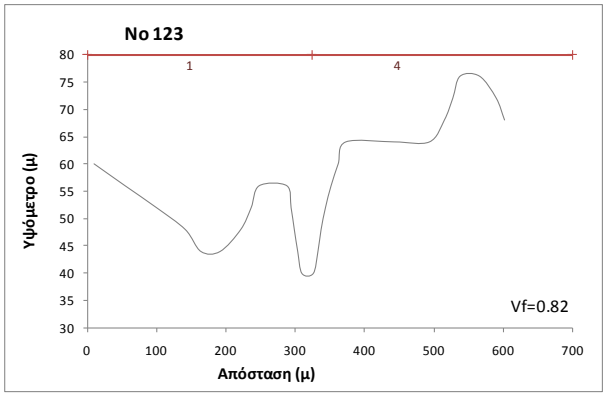
(συνέχεια Σχήμα Π. 13)

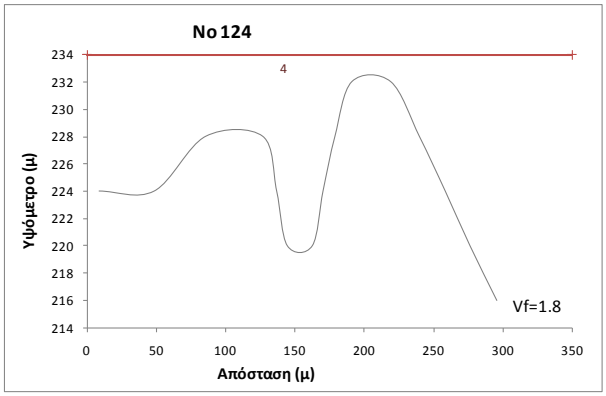


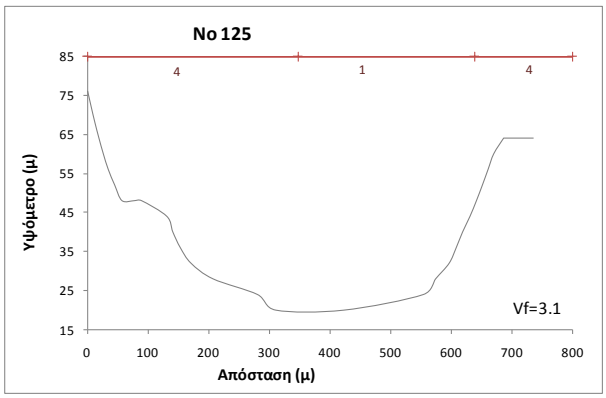
(συνέχεια Σχήμα Π. 13)





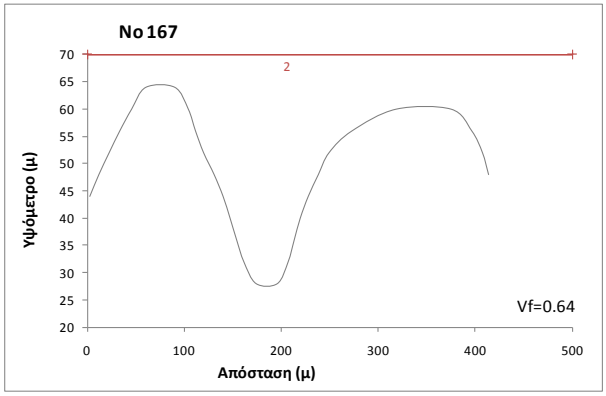


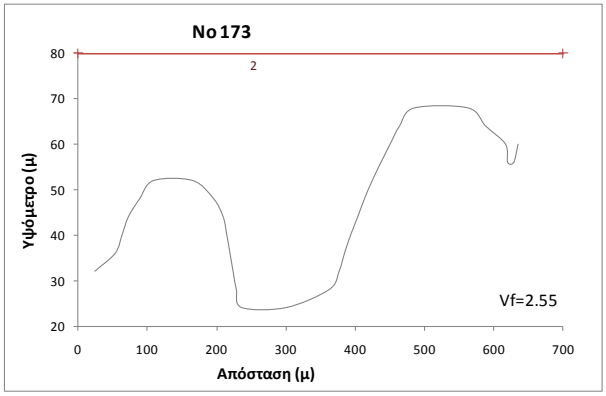


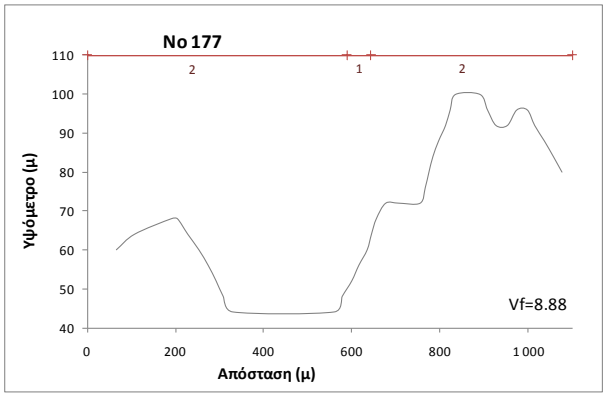


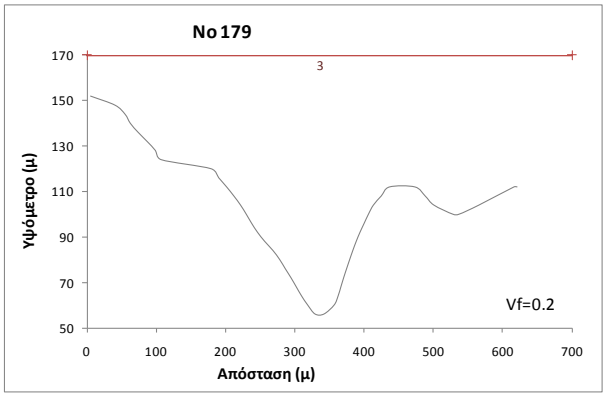
(συνέχεια Σχήμα Π. 13)

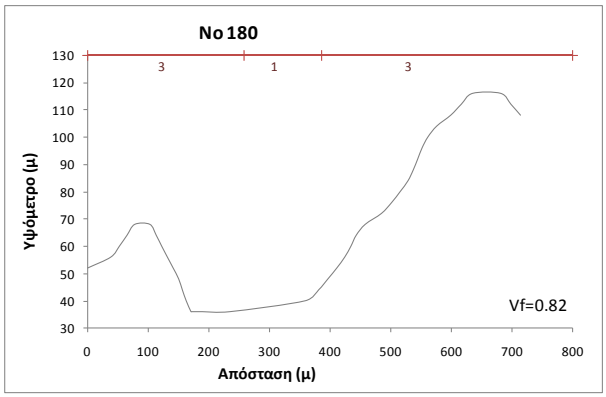
Λεκάνες απορροής ζώνης στενού Ωρεών











(συνέχεια Σχήμα Π. 13)

Πίνακας Π. 9. Τιμές σύνθετων δεικτών όπως προέκυψαν από τις ταξινομημένες τιμές του πίνακα 6.4 και μέσοι όροι αυτών ανά λεκάνη απορροής και ανά ζώνη. (Για επανα-ταξινόμηση τιμών και χωρική κατανομή βλέπε σχήμα 6.36)

Ρηξιγενής ζώνη	No λεκάνης απορροής	(1) El Hamdouni (Sierra Nevada-Spain)	(2) Toudeshki (Ghezel Ozan River Basin - NW Iran)	(3) Sboras (Beotia-Central Greece)	(4) Jayappa (Western Ghats - India)	M.O. τεσσάρων (1-4) σύνθετων δεικτών ανά λεκάνη	M.O. (1) ανά ζώνη	M.O. (2) ανά ζώνη	M.O. (3) ανά ζώνη	M.O. (4) ανά ζώνη	M.O. τεσσάρων (1-4) σύνθετων δεικτών ανά ζώνη
Ζώνη Γρεβενίτικου-Τελέθριου	25	2.17	2.20	2.00	2.20	2.14	1.86	1.80	1.73	1.97	1.84
	36	1.83	1.80	1.60	2.00	1.81					
	39	1.67	1.60	1.60	1.80	1.67					
	40	1.50	1.40	1.60	1.60	1.53					
	45	2.00	1.80	1.80	2.20	1.95					
	48	2.00	2.00	1.80	2.00	1.95					
Ζώνη Καυδηλίου	65	1.50	1.40	1.60	1.60	1.53	1.96	1.90	2.05	2.00	1.92
	67	1.83	2.00	2.00	1.80	1.91					
	70	2.00	2.00	2.40	2.00	2.10					
	75	2.50	2.20	2.20	2.60	2.38					
Ζώνη Αίγιου	80	2.00	1.60	2.20	2.00	1.95	1.96	1.90	1.91	1.90	1.98
	81	2.00	2.00	1.80	2.00	1.95					
	82	1.50	1.40	1.80	1.40	1.53					
	83	1.67	1.60	1.80	1.60	1.67					
	86	2.17	1.80	2.20	2.20	2.09					
	87	2.17	1.80	2.20	2.20	2.09					
	88	2.00	2.00	2.20	2.00	2.05					
	89	2.17	2.00	2.00	2.20	2.09					
	95	1.83	1.80	1.80	1.80	1.81					
	96	2.00	2.20	1.60	2.00	1.95					
	97	2.33	2.00	2.20	2.40	2.23					
	98	2.00	2.20	2.00	2.00	2.05					
	101	1.67	1.80	1.60	1.60	1.67					
	102	1.67	1.80	1.60	1.60	1.67					
	115	1.67	1.60	1.60	1.40	1.57					
	117	1.83	2.00	1.80	1.60	1.81					
	118	2.00	1.80	2.20	1.80	1.95					
	122	2.17	2.20	2.00	2.00	2.09					
	123	1.83	1.80	1.40	1.80	1.71					
	124	1.83	2.00	1.80	1.80	1.86					
	125	2.67	2.60	2.40	2.60	2.57					
Ζώνη στενού Ωρεών	167	2.00	2.00	1.60	1.80	1.85	2.2	2.12	2.00	2.12	2.11
	173	2.00	2.40	1.80	1.80	2.00					
	177	2.67	2.40	2.80	2.60	2.62					
	179	2.00	1.80	1.60	2.00	1.85					
	180	2.33	2.00	2.20	2.40	2.23					

Παράρτημα 7. Νεοτεκτονικός χάρτης

Νεοτεκτονικός χάρτης Βόρειας Εύβοιας

Υπόμνημα

1. Τοπογραφία
- Ισοϋψής καμπύλη (ισοδιάσταση 100μ)
- Υψόμετρο (μ)

2. Λιθολογία
- Αλλουβιακές αποθέσεις
- Κώνοι Κορημάτων
- Σχηματισμοί μαργών και ψαμμιτών του συστήματος ποταμολιμναίων αποθέσεων
- Κροκαλολατυποπαγή του συστήματος ποταμολιμναίων αποθέσεων
- Μαργαϊκοί και τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι του συστήματος ποταμολιμναίων αποθέσεων
- Ηφαιστειακά πετρώματα, λάβες, ανδεσίτες, τόφφοι δακίτη
- Κοιτάσματα λευκόλιθου (μαγνησίτης)
- Αλπικό υπόβαθρο αδιαίρετο

3.Τεκτονική
- Επώθηση
- Πιθανό ίχνος ρήγματος

Βάσει αξιοπιστίας δραστηριότητας ρήγματος
- Πιθανής δραστηριότητας
- Πολύ πιθανής δραστηριότητας

4. Υδρογραφία
- Κοίτη ρέματος περιοδικής ή μόνιμης ροής
- Κεντρικός Υδροκρίτης

5. Γεωμορφολογία

α. Μορφές δομής
- Μορφολογική ασυνέχεια

β. Επιφάνειες επιπέδωσης
- Επιφάνεια διάβρωσης (0°-1°)
- Φορά κλίσης κεκλιμένης επιφάνειας επιπέδωσης (2°-5°)

γ. Ποτάμιες μορφές
- Ποτάμια αναβαθμίδα
- Σημείο κάμψης
- Ανεμοτομή

δ. Παράκτιες μορφές
- Θαλάσσια αναβαθμίδα
- Ανυψωμένη παλιρροιακή εγκοπή

6. Σεισμολογικά στοιχεία

Επίκεντρα σεισμών (1902-2018) - Μεγέθη (ML)
- 4.0-4.5
- 4.6-5.0
- >5.0

7. Ανθρώπινες κατασκευές
- Κατοικημένη περιοχή
- Όριο περιοχής μελέτης

Τοπογραφικό υπόβαθρο: σκιασμένο ανάγλυφο, 270/045 από Ψ.Μ.Ε. με διαστάσεις κελιού 20μ*20μ.

Σύστημα γεωγραφικής προβολής : ΕΓΣΑ'87

0 2 4 8 km

Στενό Ωρεών - Τρικερίου

Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος

Αιγαίο πέλαγος

Όρος Τελέθριο

Όρος Λίχας

Όρος Κάντηλι

Όρος Δίρφυς

Στενή

Μαντουδι

Ποσειδώνιο

Χαλκίδα

Ελλάδα

Ιόνιο Πέλαγος

Αιγαίο Πέλαγος

400 000

450 000

500 000

4 300 000

4 275 000

Ευρετήριο

Α

αλλουβιακό, xv, 9, 10, 19, 57, 113, 223, 225, 233, 234, 235, 236, 247, 277, 279, 280, 300, 315, 336, 443, 484
αναβαθμίδα, xv, 9, 10, 38, 223, 224, 225, 230, 231, 232, 234, 238, 258, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 289, 290, 315, 442, 446, 448, 488
αναλυτική ιεράρχηση, 1, 6, 15, 16, 20, 21, 28, 140, 141, 144, 163, 165, 166, 192, 196, 208, 209, 336, 399, 400, 405, 414, 424, 428, 446, 570
αποσάθρωση, 37, 54, 61, 242, 305, 314, 478, 485
ασαφής, 15, 19, 29, 399, 400, 401, 405, 406, 407, 408, 413, 434, 446

Γ

γεωμορφολογία, xiii, xiv, xvi, 1, 5, 24, 27, 30, 31, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 80, 86, 92, 113, 117, 136, 140, 223, 225, 226, 262, 317, 319, 320, 323, 389, 401, 432, 440, 442, 446, 447, 480, 487

Δ

δελταϊκό, 8, 10, 64, 209, 213, 219, 237, 247, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 288, 374, 426, 485
διακινδύνευση, 3, 37, 43, 44, 45, 70, 95, 123, 125, 262, 281, 282, 314, 320, 343, 415, 430, 443, 446, 487
διαπερατότητα, 148, 160, 170, 174, 192, 196, 197, 208
διεργασίες διάβρωσης, 230, 334, 376

Ε

εγκοπή, 10, 16, 289, 291, 292, 293, 294, 438, 486
ελληνικό τόξο, 47, 49, 51, 486
ενεργό ρήγμα, 3, 39, 353, 484
επιφάνεια επιπέδωσης, xiv, xv, 223, 227, 228, 231, 243, 246, 248, 251, 253, 264, 314, 315, 442, 448, 487
επώθηση, 62, 95, 123, 125, 445, 493

Ζ

ζώνη διάτμησης, 94, 487

Ι

ισοϋψής καμπύλη, 5, 32, 86, 93, 97, 119, 122, 139, 150, 151, 160, 161, 226, 231, 249, 324, 324, 332, 334, 352, 405, 445

Κ

κανονικό ρήγμα, 1, 3, 39, 40, 41, 50, 51, 72, 76, 245, 248, 281, 350, 389, 411, 415, 439
καταρράκτης, 264, 393
κατολίσθηση, 37, 478
κορυφογραμμή, 25, 94, 219, 434, 484, 485
κρημνός, 11, 40, 225, 234, 241, 292, 301, 310, 315, 485, 487
κώνος κορημάτων, 3, 63, 64, 66, 113, 194, 300, 305, 445, 581, 593

Μ

μορφολογική ασυνέχεια, xiv, xv, 8, 72, 223, 227, 228, 229, 243, 249, 255, 256, 308, 314, 315, 442, 446
μορφοτεκτονική, i, ix, 27, 36, 230, 319, 400, 447, 482

Ν

νεογενές, 38, 47, 58, 63, 139, 245, 445
νεοτεκτονική παραμόρφωση, xvi, xvii, 1, 15, 16, 28, 29, 30, 398, 399, 400, 401, 402, 405, 409, 424, 425, 426, 428, 429, 430, 434, 435, 436, 439, 444, 446

Π

παραγοντική ανάλυση, xiv, 1, 6, 18, 28, 138, 140, 141, 144, 162, 166, 183, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 196, 201, 207, 208, 446
παραμόρφωση, xvi, xvii, 1, 15, 16, 29, 30, 37, 76, 94, 319, 340, 398, 399, 400, 401, 403, 404, 405, 409, 414, 415, 424, 425, 426, 428, 429, 430, 434, 437, 438, 439, 440, 444, 446, 449

Ρ

ριπίδιο, xv, 8, 9, 10, 64, 113, 209, 213, 219, 223, 225, 233, 234, 235, 236, 237, 247, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 295, 374, 426, 484, 485

Σ

σεισμικότητα, xiii, 27, 29, 46, 51, 53, 74, 75, 76, 226, 400, 440, 445, 449
σημείο κάμψης, xv, 9, 12, 13, 223, 225, 230, 232, 243, 258, 263, 267, 268, 269, 314, 323, 324, 326, 340, 341, 342, 343, 352, 353, 354, 360, 390, 442, 446, 486
σχετική ενεργός τεκτονική, xiv, 19, 27, 29, 138, 166, 202, 203, 207, 208, 338, 339, 381, 383, 393, 425, 439, 443, 448

Τ

τεκτονική γεωμορφολογία, xvi, 40, 317, 319

Υ

υδροκρίτης, 70, 119, 150, 151, 231, 315, 396, 444

Φ

φαράγγι, 9, 36, 72, 89, 91, 92, 110, 111, 229, 231, 249, 255, 258, 260, 263, 286, 442, 484
φυσικές καταστροφές, xiii, 24, 42
φωτογραμμώσεις, 6, 94, 95, 123, 124, 126, 131, 137, 215, 263, 326

Χ

χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση, xvi, 1, 15, 23, 30, 398, 399, 402, 405

